

# VARTIOIMATTOMAN RAUTATIEN TASORISTEYKSEN LANGATON HUOMIOLAITE



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Liikennealan koulutusohjelma

Riihimäki, 4.12.2012

*Elisa Pajunen*

**RIIHIMÄKI**

Liikennealan koulutusohjelma

Liikennesuunnittelu

**Tekijä**

Elisa Pajunen

**Vuosi** 2012**Työn nimi**

Vartioimattoman rautatien tasoristeyksen langaton huomiolaite

**TIIVISTELMÄ**

Työn tarkoituksena oli käsitellä vartioimattoman rautatien tasoristeyksen langattoman huomiolaitteen toimintavarmuutta ja luotettavuutta sekä mahdollisia jatkotoimenpiteitä toiminnan kehittelyyn. Työssä on käsitelty yleisesti tasoristeysturvallisuutta eri näkökulmista sekä riskianalyysin tekoa Suomessa. Työn lopussa on jatkotoimenpide-ehdotuksia huomiolaitteelle. Huomiolaite toimii aurinkoenergialla, varoittaa tasoristeyksen käyttäjiä oranssilla vilkkuvalla LED-valolla ja keskustelee veturiyksikön kanssa radioyhteyden avulla. Työn toimeksiantajana toimi Liikenteen Turvallisuusvirasto Trafi. Työn aihe on saatu Jet-Tekno Oy:ltä.

Valmista teoriataustaa huomiolaitteesta ei ollut, koska laite on toimintaperiaatteeltaan uusi Suomessa ja mahdollisesti jopa maailmanlaajuisesti. Teknisiä tietoja ja arvioita huomiolaitteen toiminnan mahdollisista vikatilanteista on saatu valmiina Jet-Tekno Oy:ltä. Tutkimusta huomiolaitteen toiminnan ja huomiovalon havaitsemisesta on tehty kenttätutkimuksina Tähtiniemen tasoristeyksessä Orivedellä, missä huomiolaitteen prototyyppi tällä hetkellä sijaitsee. Työssä on käytetty asiantuntijalausuntoja ja valmiita tasoristeyksiin liittyviä tutkimuksia ja ohjeita huomiolaitteen toiminnan arvioinnin tueksi.

Huomiolaitteen toimintavarmuuden puolesta puhuu se, että huomiovalo vilkuttaa oikein ja laitteen energia on ollut riittävä vuodenajasta riippumatta. Valon vilkutus on näkyvyydeltään ja sijoitukseltaan liian heikko palvelemaan tasoristeyksen käyttäjiä huomiolaitteen prototyypin kohdalla. Tunnistettuja mahdollisia vikatilanteita tulisi simuloida, jotta huomiolaite voidaan todentaa toimintavarmemmaksi. Huomiolaitteen prototyypin jatkotestaus on hyvä tehdä Tähtiniemen tasoristeystä vilkkaammin liikennöidyssä tasoristeyksessä. Liikenne- ja havaintopsykologista tutkimusta sekä kenttähaastatteluja huomiolaitteen huomiovalon havaittavuuteen liittyen olisi hyödyllistä tehdä nyt, kun laite on täysin uusi ja valmiita havaintokokemuksia ei ole. Jatkotutkimusta tukemaan on tärkeää tehdä kattava riskianalyysi alan asiantuntijoiden kanssa.

**Avainsanat** Huomiolaite, vartioimaton rautatien tasoristeys, aurinkopaneeli, satelliittipaikannussysteemi

**Sivut** 39 s. + liitteet 5 s.

Riihimäki

Degree Programme in Traffic and Transport management

**Author**

Elisa Pajunen

**Year** 2012

**Subject of Bachelor's thesis**

**A Warning device at an unattended level crossing**

---

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to investigate the operational reliability, as well as possible future development of the wireless warning equipment at unattended railway level crossing. The work covers level crossing safety from different perspectives and as well as including risk analysis of Finland. At the end of the work are follow-up proposals for the warning devices. The warning device works with solar energy and warns level crossing users with an orange flashing LED light. The work was commissioned by the Finnish Transport Safety Agency and the topic was given by Jet-Tekno Ltd.

There was no existing theoretical background of the warning devices as the devices' operational principle was new to Finland and possibly worldwide. A field study of the operation of the device and detection of the warning light was performed at Tähtiniemi –a level crossing in Orivesi where a prototype of the warning devices is currently located. Expert opinions and ready studies of level crossing have been used in the work to support the assessments.

The facts that the warning light was working correctly and device's energy supply was sufficient despite the season all support the device's reliability. However, the warning light is not yet ready for continuous use because the strength of the flashing light is too weak for the operation and needs to be redesigned. Possible fault conditions should be simulated to develop the device. It would be good to carry out further testing on the warning device prototype at a more used level crossing. It would be very beneficial to carry out transportation and psychological attention research and conduct field interviews on observation of the warning now when the device is completely new. To support further research it is important to do a comprehensive risk analysis with experts in the field.

**Keywords**  
**Pages**

Observation device, level-crossing, solar panel, Global Positioning System  
39 p. + appendices 5 p.

---

## MÄÄRITELMÄT JA LYHENTEET

|            |   |
|------------|---|
| <b>GPS</b> | (Global Positioning System) satelliittipaikannussysteemi          |
| <b>GSM</b> | (Global System for Mobile Communications) matkapuhelinjärjestelmä |
| <b>LED</b> | (Light-Emitting Diode) puolijohdekomponentti, joka säteilee valoa |

# SISÄLLYS

|  |    |
|--|----|
| MÄÄRITELMÄT JA LYHENTEET .....   |    |
| 1 JOHDANTO.....  | 1  |
| 1.1 Tavoitteet.....  | 1  |
| 1.2 Aiheen rajaukset.....  | 2  |
| 1.3 Järjestelmä.....   | 2  |
| 1.4 Menetelmät.....  | 3  |
| 2 TOIMINTAA OHJAAVAT LÄHTÖKOHDAT.....  | 3  |
| 2.1 Tieliikennelaki.....   | 3  |
| 2.2 Tieliikenneasetus.....   | 4  |
| 2.3 Liikenne- ja viestintäministeriön asetus tieliikenteen liikennevaloista..... | 4  |
| 2.4 Ratalaki.....  | 4  |
| 2.5 Liikennöinti ja ratatyö määräys.....   | 4  |
| 2.6 Näkemät .....  | 5  |
| 2.7 RAMO 9 tasoristeykset .....  | 5  |
| 2.8 RATO 6 turvalaitteet.....  | 5  |
| 3 TASORISTEYKSET SUOMESSA .....  | 6  |
| 3.1 Tasoristeys.....   | 6  |
| 3.1.1 Tasoristeystyypit.....   | 6  |
| 3.1.2 Merkit .....   | 7  |
| 3.2 Varoittamistoimenpiteet .....  | 8  |
| 3.2.1 Puomilaitokset .....   | 8  |
| 3.2.2 Portaalit ja portit .....  | 9  |
| 3.2.3 Valo- ja äänivaroituslaitos .....  | 9  |
| 3.2.4 Varoitusvalolaitos .....   | 9  |
| 3.2.5 Liikennevalo ja tasoristeysvalo .....                                      | 9  |
| 3.3 Tasoristeysturvallisuus.....   | 10 |
| 3.3.1 Suomi.....   | 10 |
| 3.3.2 Eurooppa.....  | 12 |
| 4 VARTIOIMATTOMAN TASORISTEYKSEN HUOMIOLAITE .....                               | 12 |
| 4.1 Yleistä.....   | 12 |
| 4.2 Energia .....  | 15 |
| 4.3 Asennus .....  | 15 |
| 4.4 Hälytyksen toiminta normaalitilanteessa .....                                | 16 |
| 4.5 Hälytyksen toiminta vikatilanteissa .....                                    | 16 |
| 4.5.1 Veturiyksikkö ei saa GPS-signaalia .....                                   | 17 |
| 4.5.2 Vikatilanne varoitusyksiköllä.....   | 17 |
| 4.5.3 Varoitusyksikön huomiovalo on rikki .....                                  | 17 |
| 4.5.4 Varoitusyksikön akkujen jännitetaso on liian matala.....                   | 18 |
| 4.6 Huomiolaitteen rinnastamisen mahdollisuuksia.....                            | 18 |
| 4.7 Huoltotoimenpiteet ja kustannukset .....                                     | 18 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 4.8   | Virrankulutus.....                           | 19 |
| 4.8.1 | VHF -radio.....                              | 19 |
| 4.8.2 | Akut .....                                   | 19 |
| 4.9   | Vikailmoitukset .....                        | 20 |
| 4.9.1 | Testijakson tulokset.....                    | 20 |
| 4.9.2 | Huomiolaitteen testijakson vikaviestit ..... | 20 |
| 4.10  | Huomiolaitteen uusi prototyyppi.....         | 20 |
| 4.11  | Liikennetiheys .....                         | 22 |
| 5     | RISKIENHALLINTA .....                        | 23 |
| 5.1   | Riskienhallintaprosessi.....                 | 23 |
| 5.2   | Menetelmiä.....                              | 24 |
| 5.3   | Vaarojen tunnistaminen.....                  | 24 |
| 6     | TUTKIMUSTEN TULOKSET .....                   | 26 |
| 6.1   | Tutkimuspäivien tarkoitus.....               | 26 |
| 6.2   | Tutkimuspäivä 7.6.2012.....                  | 26 |
| 6.3   | Tutkimuspäivä 20.6.2012.....                 | 27 |
| 6.4   | Vilkun havaittavuus.....                     | 27 |
| 6.5   | Yleinen käyttäytyminen tasoristeyksessä..... | 29 |
| 6.6   | Tulokset.....                                | 30 |
| 7     | KEHITYSEHDOTUKSET.....                       | 30 |
| 8     | JOHTOPÄÄTÖKSET .....                         | 34 |
|       | LÄHTEET .....                                | 35 |

|         |  |
|---------|--|
| LIITE 1 | Huomiolaitteen testijakson vikaviestit |
| LIITE 2 | Testijakson tulokset                   |
| LIITE 3 | Johtopäätökset                         |

## 1 JOHDANTO

Tasoristeysturvallisuuden edistäminen on jokaisen asia. Tutkimuksien mukaan vaarallisimpia tasoristeyksen ylittämispaiikkoja ovat vartioimattomat tasoristeykset. Työtä tasoristeysturvallisuuden parantamiseksi tehdään jatkuvasti, mutta onnettomuuksilta ei aina voida välttyä. Onnettomuustilastoja tutkiessa herää kysymys: Miten tasoristeysturvallisuutta voitaisiin parantaa? Mitä turvallisia ratkaisuja voimme tarjota tulevaisuudessa tasoristeyksiin? Tasoristeysturvallisuus on vain pieni osa kaikkien liikennemuotojen turvallisuudesta, mutta sitäkin tärkeämpi, koska tasoristeys-onnettomuuteen liittyy aina suuronnettomuuden vaara, jos juna suistuu kiskoilta.

Tutkin opinnäytetyössäni vartioimattoman tasoristeyksen aurinkoenergialla toimivan huomiolaitteen toimintavarmuutta, luotettavuutta ja energian riittävyttä. Huomiolaitteen tarkoitus on ilmoittaa tasoristeyksen käyttäjää vilkkuvalla oranssilla LED-valolla junan lähestymisestä tasoristeyksen käyttäjiä. Kyse on uudesta testauksen alaisena olevasta laitteesta, joka on täysin omavarainen energiankäytön suhteen. Vartioimattomassa tasoristeyksessä on tällä hetkellä ainoastaan varoitusmerkit tai muutamissa portaalit. Vartioimattoman tasoristeyksen huomiolaite voi olla tulevaisuudessa yksi merkittävä apu tasoristeysturvallisuuden parantamiseksi.

Opinnäytetyö on hankkeistettu tutkimustyö. Työni toimeksiantaja on Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi, jonka tehtävänä on kehittää liikennejärjestelmän turvallisuutta, edistää liikenteen ympäristöystävällisyyttä ja vastata liikennejärjestelmään liittyvistä viranomais tehtävistä. Vartioimattoman tasoristeyksen huomiolaite on osa älyliikenteen innovatiivista kehittämistä ja Liikenteen turvallisuusviraston rooli on luoda edellytyksiä tällaiselle kehitykselle. (Liikenteen turvallisuusvirasto 2012a).

Vartioimattoman tasoristeyksen huomiolaitteesta on valmistettu prototyyppi, joka sijaitsee Haapamäki-Orivesi rataosuudella Tähtiniemi-tasoristeyksessä. Tamperelainen yritys Jet-Tekno Oy, jonka päätoimiala on lentokoneiden tankkauslaitteiden valmistus, on kehittänyt vartioimattomaan tasoristeykseen langattoman huomiolaitteen prototyyppin. (Jet-Tekno Oy 2012.) Järjestelmä on ainut laatuaan ja toimintaperiaate on Suomessa sekä mahdollisesti maailmanlaajuisesti uusi.

### 1.1 Tavoitteet

Työn tavoitteena on arvioida vartioimattoman tasoristeyksen langattoman huomiolaitteen toimintavarmuutta ja luotettavuutta sekä mahdollisia jatkotoimenpide-ehdotuksia laitteen tulevaisuutta ajatellen opinnäytetyön aikana saatavien tietojen ja tutkimusten pohjalta.

Huomiolaite toimii aurinkoenergialla ja varoittaa tasoristeyksen ylittäjiä oranssilla vilkkuvalla valolla. Auringosta saatu energia varastoituu huomiolaitteessa oleviin lyijyakkuihin. Junan lähestyessä tasoristeystä huomiolaite saa siitä radiosignaalin avulla tiedon ja aloittaa varoitusvilkkutuksen. (Luutonen & Pöyri, haastattelu 13.1.2012.) Huomiolaitteen teknistä toimintaa ja valon havaittavuutta arvioidaan junan ohjaamosta ja tasoristeyksestä.

Tutkimuskysymykset opinnäytetyössäni ovat:

1. Miten toimintavarma ja luotettava huomiolaite tällä hetkellä on?
2. Tarvitseeko huomiolaitteen toiminnan kehittäminen jatkotoimenpiteitä?

Saatavat tulokset perustuvat omaan arviointiin tutkimustyön kautta ja asiantuntijalausuntoihin. Toimintavarmuutta arvioidaan huomiolaitteen prototyypin testausjaksolta ja Jet-Tekno Oy:ltä saataviin tuloksiin nojaten. Arviointia vaatii lisäksi huomiovalon näkyvyys ajoneuvosta sekä junan ohjaamosta käsin tasoristeykseen tultaessa kenttätutkimusten avulla.

Työssä tullaan ohjaamaan riskianalyysin tekoa helpottamaan huomiolaitteen toimintavarmuuden arviointia ja vertailukelpoisuutta tulevaisuudessa sekä sisällytetään arvioita huomiolaitteen toimintaan sovellettavista normeista, asetuksista ja ohjeista laitteen ollessa täysin uusi.

## 1.2 Aiheen rajaukset

Tässä työssä keskitytään johdannollisesti yleisellä tasolla tasoristeyksiin ja tasoristeysturvallisuutta käsitteleviin tilastoihin. Tutkimustyö tapahtuu vartioimattoman tasoristeyksen huomiolaitteen prototyypin ympärillä. Tasoristeyksissä tällä hetkellä olevia varoitusjärjestelmiä käytetään huomiolaitteen toimintavarmuuden referenssikohteina. Liikenne- ja havaintopsykologiset tutkimukset on jätetty työn ulkopuolelle.

## 1.3 Järjestelmä

Vartioimattoman rautatien tasoristeyksen huomiolaitteen kaltaista ratkaisua ei ole aiemmin toteutettu muualla, joten työssä ei voida nojautua valmiiseen tietoon. Huomiolaite on määritelty ja toteutettu laitteen valmistajan toimesta valmiiksi. Huomiolaitteesta ei ole olemassa valmiita normeja tai määräyksiä.

Huomiolaite kuuluu Liikenne- ja viestintäministeriön älyliikenteen strategiaan, jonka kantavana teemana on, että liikkumisen avuksi tehdään uusia tietoteknisiä ratkaisuja käyttäen sujuvuutta, tehokkuutta ja ympäristöystävällisyyttä. Resurssien kohdentamisessa etusijalla ovat liikenteen sekä



liikkumisen ohjaus sekä muut älyliikenteen keinot. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2012.)

Tasoristeykseen sijoitettu varoitusvaloyksikkö keskustelee veturin kanssa radiosignaalin avulla. GPS -lähetinyksikkö rekisteröi veturin sijaintia ja liikenopeutta. Veturiyksikkö mittaa veturin nopeutta, rekisteröi veturin paikkatiedot, lähettää radiosignaalin varoitinyksikölle ja vastaanottaa mahdolliset virhetiedot. Varoitusvaloyksikkö vastaanottaa veturiyksikön lähettämää radiosignaalia ja lähettää paluuviestin veturiyksikölle sekä sytyttää huomiovalon. Veturiyksikkö vastaanottaa mahdolliset virheviestit ja yksikön sijaintitiedot varoitusvaloyksiköltä. (Luutonen & Pöyri, haastattelu 13.1.2012.)

#### 1.4 Menetelmät

Työn lähtökohtana on tamperelaisen Jet-Tekno Oy:n valmistama vartioimattoman tasoristeyksen huomiolaitteen prototyyppi, joka sijaitsee Orivesi-Haapamäki rataosalla Tähtiniemi nimisessä tasoristeyksessä 230 kilometriä ja 468 metriä Helsingistä Oriveden kaupungin alueella (Tasoristeys 2012a).

Opinnäytetyössä järjestettävien kenttäkokeiden tarkoituksena on selvittää huomiolaitteen valon näkyvyyttä, toimintavarmuutta ja tehdä yleisiä arvioita huomiolaitteen luotettavuudesta. Työssä ei voida haastatella huomiolaitteen käyttäjiä, koska huomiolaite ei ole julkisessa testikäytössä.

## 2 TOIMINTAA OHJAAVAT LÄHTÖKOHDAT

Tässä luvussa esitellään keskeisimmät normit, määräykset, asetukset ja ohjeet, jotka koskevat tasoristeyksen toimintaa ja tämän hetkisiä varoituslaitteita Suomessa. Huomiolaitteen toimintaa voidaan vertailla joiltain osin jo olemassa oleviin tasoristeyksien varoituslaitoksiin. Huomiolaitteen LED-valoon löytyy mahdollisia yhtymäkohtia tieliikennelaista ja -asetuksesta.

#### 2.1 Tieliikennelaki

Tieliikennelaissa (1981/267) on säädetty rautatien ylittämisestä ja junan esteettömästä kulusta. Toisen luvun 7. §:ssä määritellään tienkäyttäjän velvollisuuksia tasoristeyksessä. Rautatien tasoristeystä lähestyvän tienkäyttäjän on noudatettava erityistä varovaisuutta ja mahdollisista varoituslaitteista huolimatta varmistettava, onko juna tulossa sekä käytettävä sellaista nopeutta, että ajoneuvon voi tarvittaessa pysäyttää ennen rataa. Mikäli juna lähestyy tasoristeystä ja valo-opaste velvoittaa pysähtymään, ääniopaste kuuluu tai puomi on alhaalla tai liikkuu, ei rautatietä saa lähteä ylittämään.

## 2.2 Tieliikenneasetus

Tieliikenneasetuksen 3.luvun 13. §:ssä (1982/182) on esitetty varoitusmerkkeihin liittyviä asioita. Varoitusmerkki on kuvattu osoittamaan tiessä olevaa liikenteelle vaarallista kohtaa tai tieosuutta. Merkki sijoitetaan pääsääntöisesti ajoradan oikealle puolelle tai ajoradan yläpuolelle tai erityisesti syistä myös tien vasemmalle puolelle.

Tieliikenneasetuksessa 30. §:ssä mainitaan vilkkuvan keltaisen valon varoitusmerkin yhteydessä osoittavan, että kuljettajan on noudatettava erityistä varovaisuutta. Huomiolaitteen oranssi LED-valo on rinnastettavissa vilkkuvaan keltaiseen valoon varoitusmerkin yhteydessä.

## 2.3 Liikenne- ja viestintäministeriön asetus tieliikenteen liikennevaloista

Liikenne- ja viestintäministeriön asetuksen (555/1990) 5.luvun 29. §:ssä käsitellään liikennevaloja, jotka on tarkoitettu tieliikenteen ohjaamiseen rautatien tasoristeyksessä. Tasoristeyksen liikennevaloissa on käytettävä opastimia, joissa on yläpuolella yksi tai kaksi pyöreää vilkkuvaa punaista valoa ja alapuolella yksi pyöreä valoaukko vilkkuvaa valkoista valoa varten. Opastimilla on aina näytettävä joko punaista tai valkoista valoa ja jos punaisen valon aukkoja on kaksi, tulee niiden olla vierekkäin samalla korkeudella ja valojen vilkkua vuorotellen.

## 2.4 Ratalaki

Rautateiden luokitus on Ratalain (110/2007) 1. luvun 4. §:ssä mainittu koostuvan rautateiden runkoverkosta, joka koostuu nopean henkilöliikenteen ja raskaan tavaraliikenteen radoista, joilla on valtakunnallista merkitystä ja jotka palvelevat lisäksi maakuntien välistä pitkämatkaista liikennettä. Pykälässä mainitaan myös, että runkoverkon tulee tarjota mahdollisuus sekä nopean henkilöliikenteen ja tehokkaan tavaraliikenteen harjoittamiseen. Liikenne- ja viestintäministeriö määrää, mitkä radat kuuluvat rautateiden runkoverkkoon. Muu valtion rataverkko koostuu henkilö- ja tavaraliikenteen radoista, jotka täydentävät runkoverkkoa.

Orivesi-Haapamäki rataosuus täydentää runkoverkkoa ja sen kautta kulkee matkustajajunia ja tavaraliikennejunia. Tähtiniemen tasoristeys liittyy runkoverkkoa täydentävään muuhun henkilö- ja tavaraliikenteen rataverkkoon. (Liikennevirasto 2011.)

## 2.5 Liikennöinti ja ratatyö määräys

Rautatieviraston laatima määräys, Liikennöinti ja ratatyö, (RVI/1092/412/2009) käsittelee rautatien varoituslaitoksen häiriössä toimimista. Määräys sopii huomiolaitteen toiminnan varmistamiseen häiriötilanteessa. Kuljettajan on ilmoitettava havaitsemansa varoituslaitoksen toimintahäiriö kyseisen alueen liikenteenohjaukselle. Liikenteenohjauksen on silloin määrättävä tilapäinen nopeusrajoitus sekä ilmoitettava varoituslaitoksen häiriöstä kunnossapidosta vastaavalle organisaatiolle. Häiriöti-

lanteessa junan kuljettajan tulee tarvittaessa antaa vihellinopaste lähestytessä tasoristeystä. (Rautatievirasto, 2008, 17–18.)

## 2.6 Näkemät

Tasoristeyksille on määritelty tarvittavan turvallisuustason mahdollistavat näkemät näkemäasetuksessa (Liikenne- ja viestintäministeriön asetus näkemäalueista 65/2011). Tasoristeysnäkemällä tarkoitetaan näkemää, jonka on oltava vapaa esteistä radan pylväitä lukuun ottamatta. Mikäli näkemävaatimuksia ei voida täyttää jonkin tasoristeyksen kohdalla eikä tasoristeystä voida siirtää, tulee tasoristeykseen asentaa varoituslaitos tai junan nopeus on sovitettava näkemien mukaiseksi. (Liikenne- ja viestintäministeriö, 2011.)

Näkemäalueista on ohjeistettu Liikenneviraston Tien suunnittelu tasoristeyksessä – ohjeessa. Näkemävaatimuksiin vaikuttavat radan suurin nopeus sekä tasoristeystyyppi. (Liikennevirasto 2012a, 13.)

Liikenneviraston Ratatekniset määräykset ja ohjeet – julkaisussa on määritelty tasoristeysnäkemä seuraavasti:

”Tasoristeysnäkemä on tieltä ratalinjalle rataa pitkin mitattu matka 1,1 m korkeudella kiskon selästä olevaan esineeseen, jonka tasoristeyksen eteen pysähtyneen ajoneuvon kuljettaja näkee, kun silmäpisteen korkeus tien pinnasta on 1,1 m ja etäisyys lähimmästä kiskosta 8 m.”

Vartioimattoman rautatien tasoristeyksen huomiolaitteen prototyyppi sijaitsee Tähtiniemen tasoristeyksessä. Kyse on yhden raiteen ylittämisestä, jolloin prototyyppi tulisi Liikenneviraston Tien suunnittelu tasoristeyksessä ohjeen mukaan sijoittaa 6 metrin päähän lähimmän kiskon reunasta. Näkemä radan suuntaan määräytyy radan suurimman sallitun nopeuden mukaan. (Liikennevirasto 2012a, 13.)

Liikenneviraston (2012) mukaan Tähtiniemen tasoristeyksen näkemät ovat pohjoisesta ja lännestä vasemmalle 418 metriä, pohjoisesta ja lännestä oikealle 600 metriä, etelästä ja idästä vasemmalle 600m sekä etelästä että idästä oikealle 268 metriä. (Mesimäki, sähköposti 2012; Tasoristeys 2012a.)

## 2.7 RAMO 9 tasoristeykset

Ratateknisten määräysten ja ohjeiden tasoristeys osiossa RAMO 9 esitetään perusteet Suomen rautateiden tasoristeysten suunnittelua, rakentamista ja kunnossapitoa varten (Ratahallintokeskus, 2004).

## 2.8 RATO 6 turvalaitteet

Liikenneviraston ratatekniset ohjeet RATO 6, on ohjekokoelma, jota sovelletaan Liikenneviraston hallinnassa olevaan valtion rataverkkoon kohdistuvaan Liikenneviraston toimeksiannosta tehtävään työhön. Ratateknisiä ohjeita turvalaitteisiin liittyen on Liikenneviraston sopimuskumppanin

sopimukseen nojaten noudatettava palveluitaan tarjotessaan. Ohje koskee turvalaitteiden suunnittelua ja asentamista.

RATO 6 ohjekokoelmassa on huomiolaitteen toimintaan sovellettavia ohjeita tasoristeysturvallisuutta ajatellen, vaikka huomiolaite ei ole varoituslaitos. Vartioimattoman tasoristeyksen ohjeen mukaan varoituslaitoksessa, jota ei ole varustettu puomeilla, on oltava vähintään 20 sekunnin hälytysosuus ennen junayksikön saapumista tasoristeykseen.

Vikailmaisuihin on ohjeistettu ohjekokoelmassa niin, että kriittiset viat sekä niistä tapahtuvat ilmoitukset on saatettava tietoon liikenteenohjaukseen. Tätäkin ohjetta voidaan soveltaa huomiolaitteen toiminnassa. (Liikennevirasto 2009, 9, 145, 149.)

### 3 TASORISTEYKSET SUOMESSA

#### 3.1 Tasoristeys

Tasoristeyksessä rautatie risteää tien tai kevyen liikenteen väylän kanssa samassa tasossa. Turvallinen tasoristeys on näkemältään hyvä. Kunnossapitäjiä näkemäalueelle ja odotustasanteelle ovat tienpitäjä, yksityistiellä tiehoitokunta tai maanteillä tienpitöviranomainen on Elinkeino, -liikenne ja ympäristökeskus. (Liikennevirasto 2012b.)

##### 3.1.1 Tasoristeystyypit

Suomessa rautatien tasoristeystyyppejä on määritelty kolme:

- Tien tasoristeys
  - o Maantien tai yksityistien ja radan samassa tasossa oleva risteys, jolle ei ole asetettu erityisiä tieliikennekulkuneuvoja koskevia käyttörajoituksia
- Rajoitetun liikenteen tasoristeys
  - o Maantien tai yksityistien ja radan samassa tasossa oleva risteys, jossa on kielletty tasoristeyksen ylittäminen yli 15 m pitkällä ajoneuvolla tai ajoneuvoyhdistelmällä
- Kevyen liikenteen väylän tasoristeys
  - o Vain jalankulku- ja/tai polkupyöräliikenteen väylän ja rautatien samassa tasossa oleva risteys

(Liikennevirasto 2012a, 8.)

### 3.1.2 Merkit

Tasoristeyksessä on oltava tieliikenneasetuksen (182/1982) mukaisia tasoristeyksen lähestymismerkkejä 173, 174 ja 175 (kuva 1), joita voidaan käyttää rautatien tasoristeyksen varoitusmerkkien 171 ja 172 (kuva 2 ja 3) yhteydessä ilmaisemaan niiden ja tasoristeyksen välisen etäisyyden kolmanneksia. Rautatien tasoristeyksen merkeillä tarkoitetaan merkkejä, jotka varoittavat rautatien tasoristeyksen olevan ilman puomeja tai rautatien tasoristeyksessä on puomit. Mikäli tasoristeyksestä ei varoiteta käsiohjauksella, käytetään tieliikenneasetuksen mukaisia risteysmerkkejä: Yksiraiteisen rautatien tasoristeys 176 (kuva 4) tai kaksi- ja useampiraiteisen rautatien tasoristeys 177 (kuva 5).

Pakollinen pysähtyminen -merkkiä 232 käytetään osoittamaan, että ajoneuvo on pysäytettävä merkin kohdalle. (Liikennevirasto 2012a, 18–23.)



Kuva 1. Rautatien tasoristeyksen lähestymismerkit



Kuva 2. Rautatien tasoristeys ilman puomeja



Kuva 3. Rautatien tasoristeys puomeilla



Kuva 4. Yksiraiteisen rautatien tasoristeys



Kuva 5. Kaksi- tai useampi raiteisen rautatien tasoristeys

(Lähde: Liikennevirasto 2012)

### 3.2 Varoittamistoimenpiteet

Tasoristeyksessä voidaan varoittaa eri varoituslaite- tai varoitulaitostyypeillä.

#### 3.2.1 Puomilaitokset

Puomilaitoksia on yleisesti käytetty pääradoilla ja muilla radoilla, jotka ovat vilkkaasti liikennöidyn tien tasoristeyksessä. Puolipuomilaitoksia suositellaan rataosuuksille, jos tie johtaa useamman kuin yhden raiteen yli. Lukittuja ja itsestään sulkeutuvia puomeja tai portteja voidaan käyttää yksityisillä teillä ja tilapäisissä tasoristeyksissä.

Paripuomilaitoksia on käytetty paikoissa, joissa puolipuomin kiertäminen on yleistä tai sen voidaan olettaa olevan yleistä kokemusten perusteella.

Paripuomilaitos on samalla puolella rataa olevat kaksi puolipuomia, joista menosuunnan puomi laskeutuu ensin ja paluusuunnan puomi viiveellä. Kokopuomilaitoksia käytetään ainoastaan jalankulku- ja pyöräteiden tasoristeyksissä. (Ratahallintokeskus 2004, 27, 29.)

Liikenteen turvallisuusviraston määräyksen mukaan puomilaitos on oltava sellaisilla rataosilla, joissa tasoristeyksen ylittävän raiteen suurin nopeus on yli 100 km/h ja keskivuorokausiliikenne yli 2000 ajoneuvoa tasoristeyksen ylittävällä tiellä. Puolipuomi-, paripuomi- tai kokopuomilaitos voi toimia puomilaitoksena. (Liikennevirasto 2012a, 25.)

### 3.2.2 Portaalit ja portit

Portaalia, radan molemmille puolille rakennettua suorakulmaista kehää, käytetään ilmaisemaan sähköistyksestä johtuvaa korkeusrajaa tai lisäämään tasoristeyksen huomioarvoa. Lukkiutuvia portteja käytetään huolto-tasoristeyksen yhteydessä. (Ratahallintokeskus 2004, 30.)

### 3.2.3 Valo- ja äänivaroituslaitos

Valo-opastimia käytetään yleisesti kaikissa tasoristeysten varoituslaitteissa lukuun ottamatta lukittuja ja itsestään sulkeutuvia puomeja. Yhdistettyjä valo- ja äänivaroituslaitoksia tulee käyttää lähinnä sivuraiteilla tai muuten vähämerkityksellisillä radoilla tasoristeyksissä, joiden tieliikenne on noin 100 ajoneuvoa vuorokaudessa. (Ratahallintokeskus 2004, 29–30.)

Valo- ja äänivaroituslaitoksen käyttö on yleistä, jos tietekniset tai muut ympäristölliset seikat eivät mahdollista puomien käyttöä (Liikennevirasto 2012a, 26).

### 3.2.4 Varoitusvalolaitos

Varoitusvalossa on samaan valoaukkoon sijoitettu punainen ja valkoinen valo. Vartioitusvalolaitos on asennettu tasoristeysmerkin yhteyteen. Liikenne- ja viestintäministeriö antaa varoitusvalolaitoksen käytöstä poikkeusluvan. Käyttö on yleistä vähäliikenteisillä yksityisteillä tai radoilla. (Liikennevirasto 2012a, 26.)

### 3.2.5 Liikennevalo ja tasoristeysvalo

Liikennevalot voidaan järjestää käsittämään tasoristeyksen, kun tieliittymän välittömässä läheisyydessä sijaitsee tasoristeys. Tasoristeyksen liikennevalot kytketään yhteen raideliikenteen opastimien kanssa.

Tasoristeysvaloa käytetään risteysmerkin yhteydessä. Punaista vilkuttava valo ilmoittaa junan olevan tulossa. Tasoristeysvalon käyttö on yleistä vähäliikenteisillä yksityisteillä tai radoilla sekä moottorikelkkareiteillä. (Ratahallintokeskus 2004, 29–30.)

### 3.3 Tasoristeysturvallisuus

#### 3.3.1 Suomi

Valtion rataverkolla on 2 780 tasoristeystä. Rautatien tasoristeyksistä 2 152 on ilma puomeja ja valo- ja äänivaroituslaitteita. Vartioimattomista tasoristeyksistä noin 533 on yksityisraiteilla. (Hytönen, sähköpostiviesti 17.2.2012.)

Vuosien 1991–2011 välillä tapahtui 902 onnettomuutta vartioimattomissa tasoristeyksissä. Tasoristeysonnettomuuksia, kaikki tasoristeystyypit yhteenlaskettuna, tapahtui 1 139 samalta aikaväliltä, joista 193 oli kuoleman tapauksia. (Onnettomuustutkintakeskus 2012a, 35–37.)

Tasoristeyksen ylittäminen on tienkäyttäjän vastuulla. Tyypillisin riskitekijä tasoristeysonnettomuuksissa on ajoneuvon kuljettajan havaintovirhe ja erityisten tyyppillistä se on vartioimattomissa tasoristeyksissä. Kuljettajan havaintovirhe on ollut 70 % tasoristeysonnettomuuksissa onnettomuuden välitön riskitekijä. Syitä välittömäksi riskitekijäksi on toki muitakin, kuten äkillinen muutos ajoneuvossa tai ympäristössä, mutta ne ovat harvinaisempia. (Onnettomuustutkintakeskus 2012a, 44.)

Turvallisuutta tasoristeyksessä pyritään parantamaan poistamalla ja turvaamalla tasoristeyskäytäviä. Aikavälillä 1991–2010 tasoristeyskäytäviä on poistettu vuosittain Suomessa keskimäärin 140 kappaletta. Poistaminen ei ole erityisesti kohdistunut vaarallisiin tasoristeyskäytäviin, koska tasoristeyksen poistaminen on tehty pääosin rataosittain radan suurimman nopeuden noston mahdollistamiseksi. (Onnettomuustutkintakeskus 2012b.)

Tasoristeysturvallisuutta voidaan parantaa tasoristeysten poistamisen lisäksi vähentämällä tasoristeyksen ylitystarpeita, maankäytön suunnittelun ja järjestelyjen avulla tai vastaavasti rakentamalla varoituslaitteita sekä parantamalla näkemiä. Muita toimenpiteitä ovat tasoristeyksen käyttörajoitukset tieliikenteelle, pakollista pysähtymistä osoittavat merkit, nopeusrajoitukset tie- ja junaliikenteelle sekä kevyen liikenteen ajohidasteet. (Ratahallintokeskus 2004, 28.)

Onnettomuustutkintakeskuksen tutkimuksen mukaan Suomen tasoristeysten turvallisuus on keskimääräistä huonompi eurooppalaisessa vertailussa. Kuolemaan johtaneista tasoristeysonnettomuuksista 78 % tapahtui varoituslaitteettomissa tasoristeyksissä. Tilastollisen analyysin perusteella vaaralliseksi tasoristeyskäytäväksi määritellään tasoristeys, jossa ei ole varoituslaitteita, tien nopeusrajoitus on pieni ja keskimääräinen ajoneuvojen vuorokausiliikenne suuri. Vuosien 1991–2004 välisenä aikana tapahtui tasoristeysonnettomuuksia 638 vartioimattomissa tasoristeyksissä. (Onnettomuustutkintakeskus 2012c, I.)

Yleisenä ohjeena tasoristeysturvallisuuden parantamiseksi on ehdotettu tasoristeyksen poistoa ja liikenteen ohjaamista olemassa olevien eritasoratkaisujen kautta tai vastaavasti Liikenneviraston Tien suunnittelu – ohjeen



mukaisten vaatimusten täyttävän tasoristeyksen kautta (Liikennevirasto 2012a, 11).

Tasoristeyksen varoittamis- ja poistotarpeeseen vaikuttavat yleensä huonot näkemäolosuhteet, odotustasanteen puute, risteävän tien suuri kaltevuus ja liian pieni risteyskulma. Myös maanomistaja saattaa haluta poistaa tasoristeyksen tarpeettomana. (Ratahallintokeskus 2004, 29.)

VTT:n tutkimuksessa vartioimattoman tasoristeyksen ylityksestä on tehty kysely ratkaisuihin vartioimattoman tasoristeyksen havaittavuuden parantamisesta. Kuljettajien vastauksissa oli ilmennyt paljon yksimielisyyttä. 75 % vastanneista mainitsi näkemien raivauksen radan suuntaan parantavan havaittavuutta. Lähestymismerkit koki 66 % vastanneista hyväksi havaittavuuden parantamiskeinoksi. Haastattelun piiriin kuuluvilta kuljettajilta oli myös tiedusteltu, millaisilla suhteellisen pienillä kustannuksilla voitaisiin parantaa varovaisuutta tasoristeystä ylitettäessä. Vastaajat saivat valita kolme vaihtoehtoa annetuista vaihtoehdoista. Mukana vaihtoehdoissa ei ollut tasoristeyksen poistamista. Kolme toimenpidettä erottui joukosta parhaimpina: Stop-merkin käyttö, paremmin näkyvät merkit ja näkemien parantaminen. (Poutanen & Luoma 2009, 17.)

Onnettomuustutkintakeskuksen Turvallisuusselvitys tasoristeysonnettomuuksista – Lyhennelmä tutkintaselostuksessa (2008) on selvitetty yleisimpiä syitä kuolemaan johtaneille tasoristeysonnettomuuksille. Tutkimuksia on suorittanut Vakuutusyhtiöiden turvallisuustoimikunta (VALT) vuosina 1994–2004. Tutkimuksessa tarkasteltiin sekä onnettomuuksien koodattua data-aineistoa että alkuperäisiä onnettomuuskansioita, yhteensä 205 onnettomuutta. Tarkastelluista 105 onnettomuudesta suurin osa (78 %) tapahtui vartioimattomissa tasoristeyksissä ja 22 puolipuumilla varustetuissa tasoristeyksissä. Viisi onnettomuuksista tapahtui valo- ja ääni-varoitulaitoksellisissa tasoristeyksissä. Useimmiten tasoristeys oli ajoneuvon kuljettajalle tuttu ja kuljettaja oli työ- tai asiointimatalla onnettomuuden tapahtuessa. Tavallisin välitön riskitekijä kaikissa risteys-onnettomuuksissa oli ajoneuvon kuljettajan havaintovirhe. Havaintovirheistä tyypillisin oli se, että ajoneuvon kuljettaja ei ollut havainnut junaa tai tilannetta. Havaintovirheen taustalla oli lisäksi monia eri tekijöitä, kuten tasoristeyksen tuttuus ja rutiininomaisuus risteystä ylitettäessä, kiire, näkemää rajoittaneet tekijät, havaintojen tekoa vaikeuttaneet tekijät ympäristössä tai havaintojen tekoa heikentänyt tekijä kuljettajassa. (Onnettomuustutkintakeskus, 2008.)

Tasoristeysten varoitulaitteiden toiminnan uhkana saattaa Suomessa olla monet eri syyt, kuten luonnonvoimat. Sähkökatkokset aiheuttavat ajoittain ongelmia ja tällöin tasoristeyksen turvalaitteet eivät toimi sähkökatkosalueella. Mtv3.fi – sivuston uutisen mukaan sähkökatkos pimensi Kouvolan ja Mäntyharjun välillä varoitulaitteita ja autoilijoita pyydettiin erityistä varovaisuutta kyseisen alueen tasoristeyksissä. Tilanteeseen oli varauduttu siten, että junat ajoivat tasoristeyksen ohitse 30 km/h nopeudella samalla varoittaen äänimerkillä. (Mtv3, 2012.)

Sähkökatkoja aiheuttavat yleensä luonnontapahtumat ja tekniset viat. Sää voi aiheuttaa riskejä sähköverkolle kaatuvilla puilla, salamoilla, lumi- ja jääkuormilla, tulvilla ja kovilla pakkasilla. Luonto vaikuttaa oleellisesti sähkökatkojen pituuteen ja laajuuteen. Kovat myrskyt aiheuttavat paljon vikoja ja korjaustyöt ovat hankalia. Katkokset aiheuttavat paljon kustannuksia. (Energiateollisuus, 2011.)

Varoituslaitteet tasoristeyksissä on varustettu vara-akuilla. Sähkökatkos tilanteessa vara-akkujen energia mahdollistaa varoituslaitteen toiminnan muutaman tunnin ajaksi. (Alppivuori, 2012a.)

### 3.3.2 Eurooppa

Euroopan rautatievirasto (ERA) parantaa ja kehittää tavoitteellisesti junien turvallisuutta niin, että ne voivat liikennöidä maasta toiseen pysähtymättä. ERA raportoi EU:n rautateiden turvallisuudesta. (Euroopan Unioni, 2012.)

Euroopan rautatieviraston vuosittain julkaiseman rautateiden turvallisuuden kehittämisestä kertomuksen mukaan Euroopan Unionissa mukaan jäsenmaat ovat ilmoittaneet 359 tasoristeyksen ylittäjän kuolleen ja 327 vakavasti loukkaantuneen vuonna 2010. Tasoristeysonnettomuudet ovat neljäsosa rautatieonnettomuuksista. (European Railway Agency, 2012a, 1.)

Euroopan rautatieviraston mukaan vain harvoissa tapauksissa onnettomuuden syynä voivat olla yksinomaan vain tienkäyttäjät. Usein taustalla voi piillä syitä teknisissä laitteissa tai tasoristeyksen ulkoasussa. Tällä hetkellä EU:ssa on noin 120 000 tasoristeystä, arvioiden mukaan keskimäärin viisi tasoristeystä 10 kilometriä kohti. Hieman yli puolessa (53 %) näistä tasoristeyksistä on jonkinlainen varoitusjärjestelmä. Vartioituissa tasoristeyksissä on yleisimmin käytetty automatisoitua varoitusjärjestelmää välkyvien valojen ja äänen kanssa. (European Railway Agency 2012b, 7.)

## 4 VARTIOIMATTOMAN TASORISTEYKSEN HUOMIOLAITE

### 4.1 Yleistä

Vartioimattoman tasoristeyksen huomiolaite koostuu veturiyksiköstä sekä tasoristeyksessä sijaitsevasta varoitinyksiköstä. Veturissa sijaitseva veturiyksikkö ja huomiolaite keskustelevat keskenään radiosignaalin avulla. Varoitinyksikkö varoittaa tasoristeystä lähestyvistä junasta oranssilla vilkkuvalla LED-valolla.

Veturiyksikkö lähettää GPS-yhteyden avulla saadun paikkatiedon VHF-radion kautta huomiolaitteelle, joka yksikkökohtaisesti määritellyn hälytyssilmukan perusteella laskee hälytysajankohdan. Vastavuoroisesti varoitinyksikkö lähettää mahdolliset vikatietonsa veturiyksikölle. Mikäli satel-

liittipaikannus pettää, toimii järjestelmä radiotekniikalla. (Luutonen, sähköpostiviesti 6.2.2012.)

Alla olevassa kuvassa (kuva 6) on esitetty vartioimattoman tasoristeyksen huomiolaitteen prototyyppi. Kuvaan on merkitty keskeisimmät huomiolaitteen toimintaan liittyvät laitteen osat. LED-valo on tässä prototyyppissä ylöspäin suunnattu ja lasertunnistin kohdistettu radan suuntaan. Lasertunnistimen ideana on tunnistaa huomiolaitteen ohi menevä juna ja lopettaa huomiovalon vilkutus ainoastaan poikkeustilanteessa. Aurinkopaneeli on prototyyppissä kohdistettu etelään 65 °:een kulmaan. (Luutonen & Pöyri, haastattelu 13.1.2012.)



Kuva 6. Vartioimattoman rautatien tasoristeyksen huomiolaitteen prototyyppi

Vartioimattoman tasoristeyksen huomiolaite tarvitsee toimiakseen junassa sijaitsevan veturiyksikön, joka keskustelee huomiolaitteen kanssa. Testiajaksi veturiyksikkö on sijoitettu Dm12 moottorijunaan, joka liikennöi välillä Tampere-Haapamäki. Veturiyksikkö on asennettu kuljettajan yläpuolelle kattoon. Lähtökohtana on ollut kehittää mahdollisimman yksinkertainen ja edullinen laite. (Luutonen, sähköpostiviesti 6.2.2012.)

Vuoden 2000 alussa Ratahallintokeskuksessa kokeiltiin tasoristeysvalonimistä laitteistoa, jossa kaapelittomassa laitteistossa energialähteenä toimi aurinkopaneeli ja tuuligeneraattori. Tuolloin testeissä todettiin, että akkukapasiteetti ei keskitalvella ollut riittävä. Kyseiset laitteet kytkettiin myöhemmin sähköverkkoon. Energian kulutusta tutkittavassa laitteessa lisäsi se, että käytössä oli radan molemmilla puolilla jatkuvasti vilkuttava valo ja junan tullessa punainen valo. (Alppivuori, 2012b.)

Rautatien tasoristeyksen varoitusvalolaitoksessa on kaksi valoaukkoa, mutta huomiolaitteessa vain yksi valo.

#### 4.2 Energia

Huomiolaite kerää energiansa auringosta. Optimi energialataus aurinkopaneelisti saadaan 45°:n kulmassa, mutta kesäisin energiasta on ”ylitarjontaa”, jolloin kyseisen kulman käyttöä ei tarvita, mutta asennusta voidaan käyttää pimeinä vuodenaikoina.

Huomiolaitteen prototyypin valmistajat ovat aiemmin tutkineet energian riittävyyttä. Tuulivoimaa testattiin noin vuoden verran hyytelöakkujen kanssa, mutta tässä tapauksessa tuuligeneraattorin lataus ei riittänyt. Aurinkopaneeli ei yllä lataa akkuja, jolloin on päädytty tällä hetkellä parhaaseen vaihtoehtoon eli aurinkopaneeli ja lyijyakut, joita on tässä tapauksessa 15 kappaletta akkukaapissa. (Luutonen & Pöyri, haastattelu 13.1.2012.)

#### 4.3 Asennus

Huomiolaitteen prototyyppi on yksinkertainen asentaa. Kaikki laitteet kytkeytyvät tolppaan, joten ainoa toimenpide on tolpan kiinnittäminen maahan. Ratapenkki vaatii tasoristeyksen ylittävän tien varrella betonijalustan pitämään huomiolaitetta pystyssä. Lisätoimintoja ei Jet-Tekno Oy:n mukaan haluta, koska se lisäisi kustannuksia ja vikamahdollisuudet kasvaisivat.

Huomiolaitteen ollessa maassa kiinni, tehdään seuraavat kytkennät:

- Sähköiset kytkennät
- Akut akkulaatikkoon ja johdot kytketään akkujen napoihin
- Suunnataan aurinkopaneeli etelään
- Sijoitetaan varoitusvalo parhaiten havaittavalle kohdalle
- Suunnataan tutka (laser) radalle päin
- Tehdään tietokoneella ohjelmoinnit:
  - GPS – koordinaattien asettelu

Huomiolaitteeseen liittyvät ohjelmoinnit tehdään HyperTerminal RS-232 kaapelin kautta. Tietokoneessa on moninapainen liitin. Vastaliitin sijaitsee varoitinyksikössä. (Luutonen & Pöyri, haastattelu 13.1.2012.)

#### 4.4 Hälytyksen toiminta normaalitilanteessa

Luutosen (2012) mukaan veturiyksikkö lähettää junan liikkeessa yhteislähettyksenä VHF-radioyhteyden avulla paikka- ja nopeustietoja noin yhden sekunnin välein. VHF-radioyhteyden mahdollistama tiedonsiirtotekniikka on valittu sen luotettavuuden ja vähäisen virrantarpeen takia. Junan kulkiessa 160km/h nopeudella eli 44,4 m/s liikkuu juna lähetysten välillä 44,4 m. Veturiyksikkö lähettää lisäksi mahdollisen pakko-ohjaustiedon ja lähetettävän veturin ID -tunnuksen.

Normaalitilanteessa varoitinyksikön kantavuusalue junalle on yli 5 kilometriä. Junan saapuessa kantavuusalueelle huomiolaite seuraa veturin paikka- ja nopeustietoja ja määrittää tarvittavan hälytysajankohdan. Hälytysajankohdalla tarkoitetaan aikaa kuinka kauan ennen junan saapumista tasoristeys alueelle huomiovalo kytkeytyy päälle. Hälytyksen ajankohta määritellään ajan funktiona, joka muodostaa ns. hälytyssilmukan varoitussyksikön ympärille. Tällä hetkellä ennakkovaroitusaika on aina 40 sekuntia riippumatta junan nopeudesta. Huomiovalo syttyy 40 s ennen junan saapumista tasoristeykseen ja sammuu 40s junan ohitettua tasoristeyksen. Hälytyssilmukka on tasoristeyksen ympärillä oleva kuvitteellinen kehä, jonka säde on ajallisesti 40 sekuntia.

Kun juna on saavuttanut ajankohdan, ohjaa varoitussyksikkö hälytysvalon päälle. Varoitussyksikön kuittausviestiin kuuluvat lähdeosoite, yksikön paikkakoordinaatit, kuittaus data ja mahdolliset varoitussyksikön virhetiedot. Mikäli veturiyksikkö saa varoitussyksikön koordinaatit ensimmäistä kertaa, omaksuu se uuden yksikön tiedot muistiinsa. (Luutonen, sähköpostiviesti 6.2.2012; Luutonen, sähköpostiviesti 12.9.2012.)

#### 4.5 Hälytyksen toiminta vikatilanteissa

Luutosen mukaan varoitussyksikön lähettämien mahdollisten virhetietojen käsittely tapahtuu veturissa. Veturiyksikön vastaanottamat virhetiedot varoitussyksikön toiminnasta lähtee GSM-viestillä veturista eteenpäin. Virhetietoja ei hallita järjestelmällä vaan vain veturi lähettää tekstiviestin virhetietoja saadessaan. Junan ohittaessa tasoristeyksen ja poistuttuaan hälytysalueelta, sammuu huomiolaitteen valo. Jos varoitussyksikön kuittaussanomassa on virhetietoja yksikön toiminnasta, lähettää veturi ne eteenpäin GSM- tekstiviestillä. Näin tapahtuu joka veturin kohdalla eli virhetietojen lähetystä ei hallita millään järjestelmällä vaan veturi lähettää tekstiviestin virhetiedot saadessaan. (Luutonen, sähköpostiviesti 6.2.2012.)

#### 4.5.1 Veturiyksikkö ei saa GPS-signaalia

Huomiolaitteen toiminnassa on varauduttu vikatilanteisiin. GPS-vastaanottoon saattaa ilmentyä vika tai signaalia ei saada johtuen esimerkiksi maastokatveesta tai tunnelista. Muutaman sekunnin katkokset eivät aiheuta vielä ongelmaa, mutta pidempiaikaiset katkokset on huomioitu järjestelmän toiminnassa. Huomiointi tapahtuu järjestelmään ohjelmoitavalla odotusajalla, jonka jälkeen siirytään pakko-ohjaukseen, jos GPS-signaalia ei saada. Signaalin saannin odotusaikana käytetään 30 sekuntia. Käytännössä pakko-ohjaus tarkoittaa huomiolaitteen valon pakottamista päälle junan lähestyessä varoitussyksikköä ja ollessaan radiokantaman alueella. Mikäli GPS-signaali palautuu varoitussyksikön ollessa pakko-ohjauksen alaisena ja juna on lähestymässä tasoristeystä, palataan normaalin toimintaan eli tolpan hälytys poistuu, jos ei olla vielä hälytyssilmukan alueella. Jos kantama on kovin pitkä, saattaa varoitussyksikkö olla hälytystilassa useita minuutteja pakko-ohjauksen tapahtuessa. Pakko-ohjaus tilanteessa, jossa juna ohittaa tasoristeyksen, sammuu varoitussyksikön huomiovalo lasertunnistimen ohjaustiedon perusteella. Lasertunnistimen idea on toimia poikkeustilanteessa siten, että se toimii liiketunnistimena. Hälytys sammuu junan ohitettua tasoristeyksen kokonaisuudessaan. (Luutonen, sähköpostiviesti 6.2.2012; Luutonen, sähköpostiviesti 12.9.2012.)

#### 4.5.2 Vikatilanne varoitussyksiköllä

VHF-radioyhteydessä saattaa ilmetä häiriöitä, jotka johtuvat toisista lähetteistä tai maastoesteistä. Tilanne, jossa radio ei jostain syystä toimisi ollenkaan, johtaisi siihen, että varoitussyksikkö ei hälyttäisi junan ohittaessa sitä. Kyseisessä häiriötilanteessa aktivoituu veturiyksikössä vikamoodi ”vikatilanne varoitussyksiköllä”, jolloin veturiyksikön äänimerkki kytkeytyy päälle ja kuljettaja tietää tulewansa tasoristeykseen huomiovalon vikatilanteessa. Tällöin kuljettajalla on mahdollisuus varoittaa veturin viheltimellä tasoristeyksen käyttäjiä. (Luutonen, sähköpostiviesti 6.2.2012.)

#### 4.5.3 Varoitussyksikön huomiovalo on rikki

Huomiovalon toimintakunto varmistetaan mittaamalla sen virtaa sitä ohjattaessa. Jos huomiovalo ei toimi ollenkaan, niin varoitussyksikkö ei hälytä junan ohittaessa sitä. Kyseisessä häiriötilanteessa aktivoituu veturiyksikössä vikamoodi ”vikatilanne varoitussyksiköllä”, tällöin kytkeytyy veturiyksikön äänimerkki päälle, jolloin kuljettaja tietää tulewansa tasoristeykseen huomiovalon ollessa vikatilassa ja hänen on mahdollista varoittaa veturin viheltimellä tasoristeyksen käyttäjiä. (Luutonen, sähköpostiviesti 6.2.2012.)

#### 4.5.4 Varoitussyksikön akkujen jännitetaso on liian matala

Varoitussyksikön lyijyakkujen toimintakunto varmistetaan mittaamalla niiden napajännitettä. Mikäli napajännite laskee liian alhaiselle tasolle, aktivoituu veturiyksikössä vikamoodi ”vikatilanne varoitussyksiköllä”. Tällöin veturiyksikössä kytkeytyy äänimerkki päälle ja kuljettaja tietää tulevansa tasoristeykseen huomiolaitteen ollessa vikatilassa. Tässä tilanteessa varoitetaan tasoristeyksen ylittäjiä veturin viheltimellä. (Luutonen, sähköpostiviesti 6.2.2012.)

Hälytysrajan saavuttaessaan voi laite kuitenkin toimia normaalisti useita viikkoja mahdollistaen huollon viiveen. (Luutonen & Pöyri, sähköpostiviesti 30.8.2012.)

#### 4.6 Huomiolaitteen rinnastamisen mahdollisuuksia

Huomiolaitteen vilkkuva oranssi LED-valo on rinnastettavissa tieliikenneasetuksen 30§:n mukaiseen vilkkuvaan keltaiseen valoon, joka osoittaa, että kuljettajan on noudatettava erityistä varovaisuutta. Eurooppalainen standardi SFS-EN 12352 ”Liikenteen ohjauslaitteet; varoitusvilkut” määrittelee vaatimukset yksittäisille sähkökäyttöisille laitteille, kuten varoitusvalot, jotka säteilevät jatkuvaa tai säännöllistä yksiväristä valoa. Varoitusvalolla tarkoitetaan tässä yhteydessä valoa, jonka tarkoituksena on tiedottaa ja ohjata tienkäyttäjiä. Standardissa määritellään visuaaliset, rakenteelliset ja toiminnalliset suorituskykyyn vaikuttavat seikat. (SFS-EN 12352, 2012.)

Toisena mahdollisena rinnastamiskohteena voi olla valo-opaste, joka on tieliikennemympäristössä rinnastettu keltaiseen työmaavilkkuun tai muuhun vastaavaan merkinantolaitteeseen (Anttila, sähköpostiviesti 20.1.2012).

Tieliikenneasetuksen (328/1994) 9. luvun 55. §:ssä on määritetty, että Liikenneministeriö voi kokeilutarkoituksessa vahvistaa käytettäväksi muunkinlaisia liikenteen ohjauslaitteita kuin asetuksessa jo on ja antaa tieliikenneasetuksen säännöksiä täydentäviä määräyksiä. Tarkempia ohjeita liikennemerkkien, tiemerkintöjen ja sulkulaitteiden väreistä, rakenteesta ja mitoituksista sekä vahvistuksista muihin tarpeellisiin liikenteenohjauslaitteisiin antaa Liikennevirasto.

#### 4.7 Huoltotoimenpiteet ja kustannukset

Vartioimattoman tasoristeyksen langattoman huomiolaitteen prototyyppi ei ole vaatinut huoltotoimenpiteitä testausjakson aikana. Akkujen käyttäytyminen on helposti rinnastettavissa ajoneuvokäyttöisiin akkuihin. Huomiolaite on suunniteltu vastaamaan helppokäyttöisyyttä. Huolto olisi yksinkertaisia vaihtoja, kuten tiedostojen purkua ja akustojen huoltoa. Toimenpiteet voisivat olla helppo ja nopea kouluttaa mahdolliselle huoltohenkilöstölle.



Huomiolaitteen prototyypissä on 15 kappaletta lyijyakkua. Yksi akku maksaa noin 50–60 euroa kappale. Koska huoltoa tarvitaan arvioiden mukaan vähän, niin kunnossapitokustannukset ovat pienet. Matkakustannukset ja muutaman tunnin työskentelytunnit tuovat joitain kustannuksia Jet-Tekno Oy:n arvioiden mukaan. (Luutonen & Pöyri, haastattelu 27.6.2012.)

Varoituslaitteellisen tasoristeyksen kunnossapito- ja asennuskustannukset ovat vuositasolla huomattavasti suuremmat kuin vartioimattoman tasoristeyksen langattoman huomiolaitteen. Kustannukset ovat täysin riippuvaisia liikennemääristä ja sijainnista. (Mikkonen, sähköpostiviesti 15.7.2012.)

Huomiovalon kustannuksen asennuksineen ja huoltotoimenpiteineen ovat noin neljä prosenttia verrattuna varoituksellisen tasoristeyksen vuosittaisiin samoihin kustannuksiin. Suhdeluvun käyttämiseksi on käytetty Liikennevirastolta (Mikkonen, 15.7.2012) saatua tietoa tasoristeysvalon asennus- ja kunnossapitokustannuksista ja Jet-Tekno Oy:ltä saatuja arvioita huomiolaitteen kustannuksista.

## 4.8 Virrankulutus

### 4.8.1 VHF -radio

Vartioimattoman tasoristeyksen huomiolaitteen VHF -radion virrankulutus on virransäätötilassa 15mA, normaalitilassa 150mA ja lähetystilassa 250mA. Huomiolaitteen parametreihin on määritelty seuraavat arvot: virransäätötila (stand by time) 5 sekuntia, normaalitila (radio on time) 2 sekuntia. VHF -radion radiokantamaksi oletetaan 180 sekuntia eli huomiolaite on 180 s radioyhteydessä veturiin ennen ja jälkeen junan ohitettua tasoristeyksen. Aika on riippuvainen junan nopeudesta ja maastoesteistä, mutta se on toiminut Jet-Tekno Oy:n mukaan keskiarvona laskentaa varten. Akkujen itsepurkautumista ei ole otettu laskelmissa huomioon. (Luutonen, sähköpostiviesti 14.8.2012; Luutonen, sähköpostiviesti 12.9.2012.)

### 4.8.2 Akut

Huomiolaitteen 15 kappaleen lyijyakkujen kapasiteetiksi muodostuu Jet-Tekno Oy:n laskelmien mukaan 825Ah. Huomiovalon tehonkulutus on 6W. Laskennan lähtötietoina on akkujen lataus aurinkopaneelin avulla maaliskuun alusta marraskuun loppuun. Marraskuun lopussa akun kapasiteetti on 100 %. Akkujen alin sallittu napajännite on 12.2V, jolloin akkukapteen jätymispiste on -26 °C.. Huomioitavaa on, että laitteisto toimii vielä 11V napajännitteen turvin. 12,2V napajännite tarkoittaa 60 % kapasiteettia lyijyakuissa, joten koko akuston kapasiteetista on jäljellä 528Ah ja käytettävissä 352Ah. (Luutonen, sähköpostiviesti 14.8.2012.)

#### 4.9 Vikailmoitukset

Huomiolaitteen vikailmoitukset rekisteröidään. Saatavassa datassa on tapahtumien päivämäärät, kellonajat, GPS-koordinaatit, junan nopeus solmuina sekä vikasanoma. Nopeustiedot ovat solmuina, koska ne tulevat GPS-satelliitilta ja järjestelmä on lähtöisin Yhdysvalloista.

Rekisteröityjä vikailmoituksia voivat olla esimerkiksi ”varoitussyksikkö havaittu” ja ”varoitussyksikköä ei havaittu”. Kyseessä ovat mahdolliset tilanteet, kun veturiyksikkö rekisteröi tai ei rekisteröi uutta huomiolaitetta. GPS-koordinaatit rekisteröityvät suoraan kirjaustapahtumahetkellä. (Luutonen, sähköpostiviesti 14.8.2012.)

Huomiolaitteen testiajalta 18.4–20.6.2012 saadussa datassa on ilmennyt vikailmoituksia 11 kappaletta. Näistä ilmoituksista kymmenen liittyi kahteen eri vikaantumiseen.

Jet-Tekno Oy kertoo tapauksista seuraavasti:

”Ensimmäinen tapaus johtui VHF-radioyhteyden tarkistussumman puuttumisesta jolla pystytään kumoamaan virheellinen viesti. Toinen tapaus liittyi myös VHF -tarkistussumman puuttumiseen. Tällöin GPS-signaalia ei saatu. Radiosignaalia siirretään pitkiä numerosarjoja. Radiosignaalin ollessa poikkeuksellisen heikko numerosarja saattaa korruptoitua eli numero korvaantuu esim. kirjaimella. Tarkistussummalla pystytään eliminoidaan virheellinen tiedonsiirtotapahtuma joka korvaantuu oikealla n. sekunnin kuluttua mahdollistaen laitteiston suunnitellun mukaisen toiminnan.” (Luutonen & Pöyri, sähköpostiviesti 30.8.2012.)

Vikatilanteita on seurattu kesällä saatujen tulosten jälkeen. Jet-Tekno Oy on kerännyt 21.9.2012 veturiyksiköstä ja huomiolaitteelta tiedonkeruujärjestelmästä saadut tiedot mahdollisista vikailmoituksista. Positiivisena tuloksena vikatilanteita ei ollut. Tämä johtui siitä, että puuttuva VHF-radioyhteyden tarkistussumma lisättiin järjestelmään. (Luutonen, sähköpostiviesti 5.9.2012.)

##### 4.9.1 Testijakson tulokset

(LIITE 1).

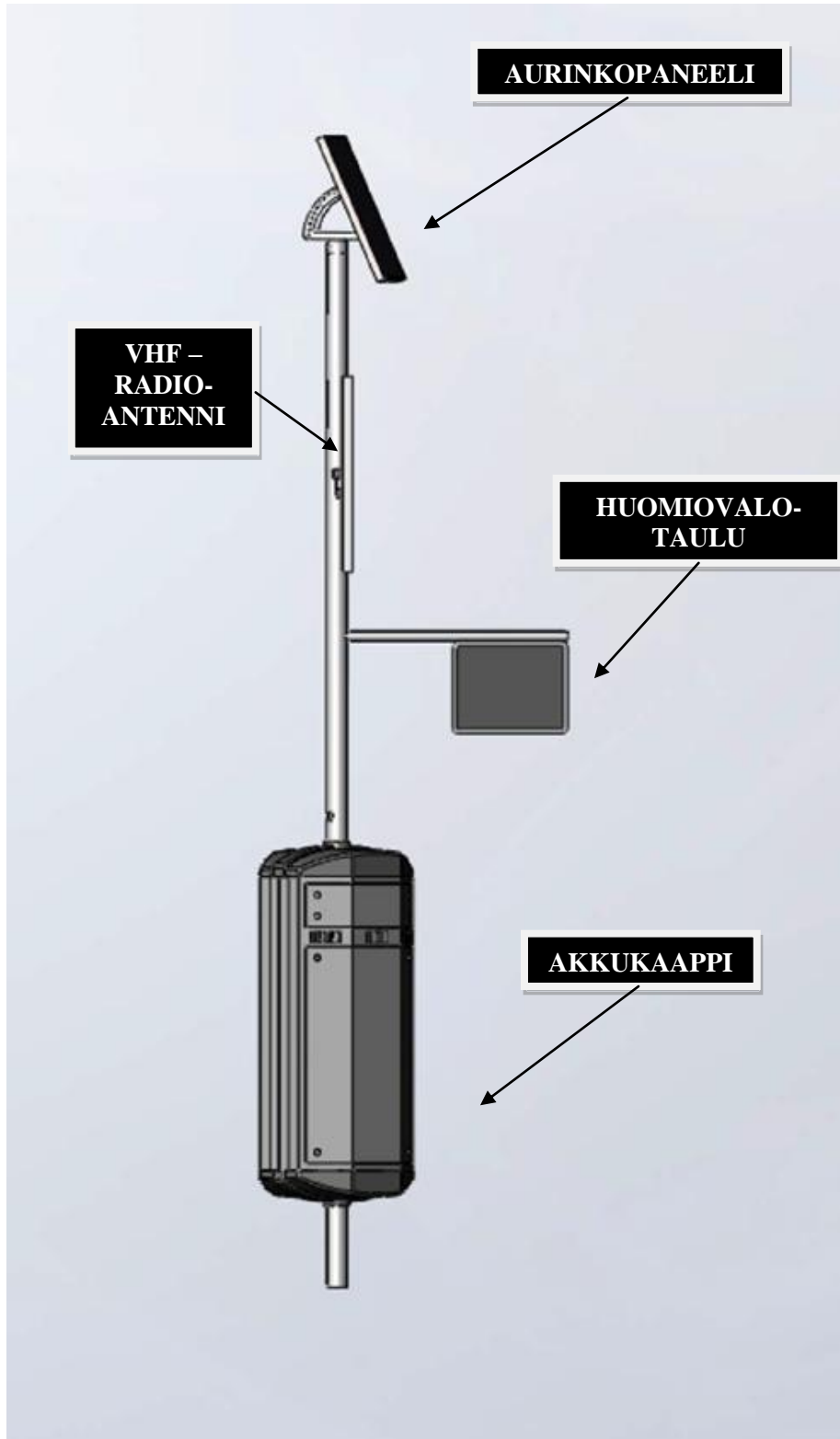
##### 4.9.2 Huomiolaitteen testijakson vikaviestit

(LIITE 2).

#### 4.10 Huomiolaitteen uusi prototyyppi

Tätä opinnäytetyötä tehdessä tilanne huomiolaitteen kehittelyn osalta muuttui. Jet-Tekno Oy on kehittänyt uuden prototyypin, joka on esitetty alla olevassa kuvassa (kuva 7). Prototyypissä on varoitusvalotaulu, jossa junan kuva tai stop – kirjoitus vilkuttaisi varoittaen lähestyvää junasta. Va-

lossa käytettäisiin edelleen LED-tekniikkaa. Muutoksia huomiolaitteessa olisi myös akkujen sijoittelussa ja määrässä. Akut sijoitettaisiin huomiolaitteen tolpan ympärille ja sen juureen, jolloin akkukaappiin mahtuisi 16 kappaletta 55Ah lyijyakkua. Käytössä olisi ensimmäiseen prototyyppiin verrattuna yksi akku enemmän.



Kuva 7. Huomiolaitteen uusi prototyyppi

(Lähde: Jet-Tekno Oy 2012)

Asennus uuden prototyypin kohdalla yksinkertaistuisi ja valo sijoitettaisiin paremmalle näköpaikalle tasoristeyksen käyttäjiä ajatellen. Sarjavalmistetun huomiovalon huomiotaulun tehonkulutus on Jet-Tekno Oy:n mukaan 15 W eli se kasvaisi yli puolet aiempaan prototyyppiin verrattuna. Kokonaisuudessa akuston kapasiteetti olisi tässä tapauksessa 880 Ah. Laskennan lähtötietoina on akkujen lataus aurinkopaneelin avulla maaliskuun alusta marraskuun loppuun. Marraskuun alussa akun kapasiteetti oli 100 %. Akkujen alin sallittu napajännite on 12.2 V, jolloin akkuhapon jäätymispiste on -26 °C.. Huomioitavaa on, että laitteisto toimii vielä 11 V napajännitteen turvin ensimmäisen prototyypin kohdalla. 12,2 V napajännite tarkoittaa 60 % kapasiteettia lyijyakussa, joten koko akuston kapasiteetista on jäljellä 528 Ah ja käytettävissä 325 Ah. (Luutonen & Pöyri, haastattelu 27.6.2012; Luutonen, sähköpostiviesti 9.7.2012.)

Uudessa sarjavalmistetussa prototyyppissä lasertunnistin aiotaan Jet-Tekno Oy:n mukaan vaihtaa tutka-anturiin. Tutka-anturi asetetaan akkukaapin sisällä olevaan telineeseen, jolloin aiemmassa prototyyppissä nähty lasertunnistimen kotelo jää pois huomiovalon tolpastä. Tutka-anturin hyvä puoli on siinä, että siihen ei kohdistu häiriötä lumisateella, jolloin tunnistin saataisiin kytkeytyä liian aikaisin pois päältä. Lasertunnistin on tutka-anturia häiriöalttiimpi lumisateella. (Luutonen, sähköpostiviesti 12.9.2012.)

#### 4.11 Liikennetiheys

Huomiolaitetta kehitellessä on huomioitava, millaiselle huomiolaitteen ohittavalle junatiheydelle riittää laitteen energia. Jet-Tekno Oy:n laskelmien mukaan tilanteessa, missä huomiolaitteen ohittaisi 80 junavuoroa vuorokaudessa, riittäisi akuston kapasiteetti 2 514 tunniksi eli 104 päiväksi keskimääräisellä virrankulutuksella (140 mA). Laskelmissa ei ole otettu huomioon lyijyakuille tyypillistä itsepurkautumista, joten suurimmaksi junatiheydeksi voidaan arvioida 70 junavuoron ohitusta vuorokaudessa. (Luutonen, sähköpostiviesti 9.7.2012.)

Onnettomuuskeskuksen Turvallisuusselvitys tasoristeysonnettomuuksista raportissa on ratakohtaista tarkastelua onnettomuusmääristä ja rataosien onnettomuuksista. Raportissa on keskimääräinen junien määrä esimerkiksi Oulu-Seinäjoki rataosalla noin 50–60 junavuoroa vuorokaudessa. Todellinen määrä vaihtelee viikoittain huomattavasti. (Onnettomuustutkintakeskus 2007, 108.)

## 5 RISKIENHALLINTA

Vartioimattoman tasoristeyksen huomiolaite olisi tulevaisuudessa rautatiejärjestelmän ja tienkäyttäjien kannalta merkittävä muutos. Huomiolaitteesta on tehtävä kattava riskianalyysi, koska laitteistolla on liitántä rautatiejärjestelmässä liikkuvan kaluston kanssa, jolloin Liikenteen turvallisuusvirasto sitä vaatii.

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafín mukaan Riskienhallinnalla voidaan parantaa rautatiehankkeiden ja – suunnitelmien laatua sekä ennaltaehkäistä ongelmia ja vaaratilanteita suunnittelun aikana. Näin huomataan helpommin mahdollisia puutteita, virheitä ja haittatekijöitä ja riskien tunnistaminen mahdollistaa niihin nopean puuttumisen. Riskienhallinnalla pyritään turvallisuuden jatkuvaan parantamiseen.

Riskienhallinnalla rautatiejärjestelmässä on olemassa Euroopan komission asetus yhteisistä turvallisuusmenetelmistä, ensimmäinen Common Safety Methods – asetus (EY) 352/2009 art. 3 (EUVL N:o L 108, 24.4.2009). Rautatiealan toimijan on sovellettava riskienarviointimenettelyä toiminnissaan, jotka liittyvät turvallisuuteen. Menettely on kolmivaiheinen ja siinä edetään vaarojen tunnistamisesta ja riskien analysoinnista syntyneiden turvallisuusvaatimusten noudattamisen osoittamiseen. (Liikenteen turvallisuusvirasto 2012b.)

CSM – asetus on laadittu rautateiden turvallisuudirektiivin 2004/49/EY nojalla. Riskienarviointia laadittaessa tulee ottaa huomioon lainsäädännön, viranomaisten ja eri osapuolien asettamat vaatimukset. Keskeisintä riskienarvioinnissa on, että käytetyt menetelmät ovat luotettavia, kattavia, järjestelmällisiä ja tulokset laadukkaasti dokumentoituja. (Ramboll, 2012, 2.)

### 5.1 Riskienhallintaprosessi

Riskienhallintaprosessi käynnistyy, kun halutaan toteuttaa jokin tekninen, toiminnallinen tai organisatorinen merkittävä muutos. Käytännössä ensimmäiseksi tulee laatia riskianalyysi. Kriittisten tekijöiden ja riskien tunnistaminen sekä riskien merkityksen arvioiminen ovat analyysissä avainasemassa. Kun analysointi ja arvioinnit on tehty, on hyvä tehdä riskienhallintasuunnitelma, jossa määritellään toimenpiteet ja vastuutaho riskienhallinnan toteuttamiseen ja seurantaan. (Ramboll, 2012, 2–3.)

Koska riskien arviointi on ehdottoman tärkeää suorittaa, tulisi siinä olla mukana virallisia tahoja huomiolaitteen valmistajayrityksen lisäksi. Mukana riskien kartoituksessa tulisi olla esimerkiksi edustaja Liikennevirastosta, Kuntaliitosta sekä Onnettomuustutkintakeskukselta.

Kunnan edustajan on hyvä olla mukana riskien arvioinnissa, koska liikenneonnettomuudet tulevat kunnille kalliiksi. Vakavan onnettomuuden

hintaa voi nousta jopa satoihin tuhansiin euroihin. Kunnan hallinnonaloilla voidaan toteuttaa toimia, joilla kuntalaisten turvallisuutta voidaan parantaa. Keskeisimpänä toiminta-ajatuksena onkin liikenneturvallisuuden edistämisen yhteistyö. (Liikenneturva, 2009.)

## 5.2 Menetelmiä

Päälinjauksen riskienarvioinnissa ovat usein vaara- ja hättäkijöiden tunnistamisessa ja niiden ehkäisemisessä toiminnassa. Prosessissa voidaan usein käyttää vapaavalintaisesti eri riskienhallintamenetelmiä. Liikenneviraston Ohje riskienhallinnan menetelmistä – ohjeessa on käsitelty riskienarvioinnin osapuolten tehtäviä sekä eri kansallisesti ja kansainvälisesti käytettyjä riskienhallintamenetelmiä. Riskienarvioinnit tehdään ryhmätyönä ja ryhmän asiantuntijat vastaavat riittävästä ja parhaasta tarkasteltavana olevan kohteen tietämyksestä. Jäsenistön on hyvä koostua riskien arvioinnin vetäjästä, sihteeristä ja asiantuntijajäsenistä. Vetäjän tehtävä on varmistua siitä, että työryhmään kuuluu riittävän laaja asiantuntijuus. Vetäjän on valittava käytettävä riskianalyysimenetelmä perehtyen hyvin analyysimenetelmään ja sen käyttöön. Asiantuntijajäsenien tehtävänä on saada selville tarkasteltavan kohteen epäkohdat, vaara- ja hättäkijät sekä kehittää ideoita parannuskeinoiksi eli riskienhallintatoimenpiteitä. Työryhmän koon on oltava riittävän kokoinen, noin 5–7 henkilöä. Käsiteltävistä asioista riippuen voi olla tarpeen kutsua paikalle myös erityisalojen asiantuntijoita tiettyihin analyysitilaisuuksiin.

Riskianalyysin menetelmät voidaan jakaa vaarojen tunnistamisen menetelmiin, onnettomuuksien mallintamiseen sekä seurausanalyysiin. Vaarojen tunnistamisella tunnistetaan kohteen vaara- ja hättäkijöitä. Onnettomuuksien mallintamisen menetelmiä käytetään onnettomuuksien ja tapaturmien tutkimiseen. Tarkoituksena on löytää yksityiskohtaisesti tapahtumien kulku ja antaa pohja onnettomuuksien todennäköisyyden arvioinnille. Snorre Skletin (2004) näkemys onnettomuuksien ja tapaturmien välittömänä syynä on lähes aina tekninen vika tai inhimillinen virhe, mutta tutkiminen ei voi jäädä ainoastaan välittömien syiden löytämiseen. Jotta onnettomuuksista opitaan, on tärkeää syventyä välittömien syiden taustalla oleviin organisatorisiin vastuukysymyksiin, menettelytapoihin sekä eri säädösjärjestelmien kehittämistarpeisiin. Seurausanalyysillä voidaan arvioida mahdollisten onnettomuuksien, kuten vaarallisten aineiden, päästöjen, tulipalojen, räjähdysten, törmäysten ja suistumisten välittömiä seurausvaikutuksia. (Liikennevirasto 2011, 3–4.)

## 5.3 Vaarojen tunnistaminen

Vaarojen tunnistamiseksi on olemassa useita eri menetelmiä. Toimintovirheanalyysin (TVA) avulla tunnistetaan inhimilliset virheet ja niiden vaikutukset järjestelmään lähinnä työtehtäviin liittyen. Vika- ja vaikutusanalyysillä (VVA) tunnistetaan laite- tai järjestelmävirioista aiheutuvia vaaroja. Käytännössä järjestelmä jaetaan komponentteihin, minkä jälkeen tunnistetaan kunkin komponentin vikamuodot ja niiden aiheuttamat järjestelmävirat ja vaarat. Vika- ja vaikutusanalyysin käyttötarkoituksosoveltuvuus sopii

VTT:n (2011) mukaan rajattuihin teknisiin järjestelmiin, laajoihin kohteisiin vain karkealla tasolla. Kyse on Kivistö-Rahnaston & Vuoren (2000) näkemysten mukaan tuotteen toimintavarmuuden analysointimenetelmästä, jonka avulla voidaan tunnistaa vikoja, joiden seurauksilla on merkittävä vaikutus tarkasteltavan järjestelmän suorituskykyyn. Tarkastelun voi tehdä yksi menetelmän tunteva laatija. Menetelmässä ei oteta huomioon huoltotöiden ja ihmisten vaikutusta vikoihin. Vikoja tarkastellaan toisistaan riippumattomina. Analyysissä tarkasteltava tuote jaetaan riittävän yksinkertaisiin komponentteihin ja osajärjestelmiin siten, että niistä voidaan määrittää vioittumistavat. Analyysilomakkeeseen kirjataan vioittumistapa, sen aiheuttaja ja vioittumisen vaikutus toimintaan sekä mahdollisesti myös parannusehdotukset. (Liikennevirasto 2011, 3, 6, 14.)

Analyysimalleja on myös erilaisia. Potentiaalisten ongelmien analyysin (POA) tarkoituksena on löytää kohteen keskeisimmät ongelma-alueet sekä vaaroihin liittyvät keskeisimmät onnettomuustekijät. Periaatteena on etsiä kohteen onnettomuusvaarat ja luokitella ne ideoiden hakumenetelmien avulla. Ideoita voidaan rajata esimerkiksi tapaturmavaaroihin, palovaaroihin tai ympäristöriskeihin. Ideoinnin jälkeen analysoidaan keskeisimmät vaarat, niiden syyt ja seuraukset. Potentiaalisten ongelmien analyysia voidaan soveltaa mihin tahansa järjestelmään, osajärjestelmiin tai niiden toimintoihin. Analyysin avulla tutkitaan järjestelmän onnettomuusvaaroja ja tarkastelussa ei saa rajata mitään ongelmatyyppejä analyysin ulkopuolelle. Menetelmällä syntyy luettelo kohteesta tunnistetuista vaaroista ja keskeisimpiä vaaroihin liittyviä onnettomuustekijöitä. Tulokset toimivat hyvänä lähtökohtana jatkoanalyysille. Potentiaalisten ongelmien analyysi laaditaan ryhmätyönä vastuullisen vetäjän johdolla ja analyysikokousten lukumäärä riippuu kohteen koosta. Analysointi koostuu monesta eri vaiheesta. (Liikennevirasto 2011, 10.)

Vika- ja vaikutusanalyysi (VVA) löytää laitevioista aiheutuvat vaarat. Periaatteena on jakaa järjestelmä komponentteihin, minkä jälkeen tunnistetaan kunkin komponentin vikamuodot ja niiden aiheuttamat järjestelmäviat ja vaarat. Kivistö-Rahnaston & Vuoren (2000) mukaan analyysin käyttötarkoitus ja soveltuvuus on rajatuissa teknisissä järjestelmissä ja niiden toimintavarmuuden analysoinnissa. Vika- ja vaikutusanalyysin avulla voidaan tunnistaa vikoja, joiden seurauksilla on merkittävä vaikutus tarkasteltavan järjestelmän suorituskykyyn. Tuloksina saadaan komponenttien vioittumistavat ja vikojen vaikutus järjestelmän toimintaan, vikojen havaitsemistavat sekä arvio vikojen kriittisyydestä. Menetelmissä ei ole tarkoitus ottaa huomioon huoltotöiden ja ihmisten vaikutusta vikoihin. Analysointilomakkeeseen tulee kirjata jaettujen komponenttien tai osajärjestelmien vioittumistavat, vikojen aiheuttajat ja vioittumisen vaikutus toimintaan. Tarpeen mukaan voidaan kirjata parannusehdotuksia. (Liikennevirasto 2011, 14; VTT, 2005.)

Vartioimattoman tasoristeyksen langattomasta huomiolaitteesta on tehty Jet-Tekno Oy:n toimesta jo vika- ja vaikutusanalyysiä Työssä aiemmin esitetyissä mahdollisissa vikatilanteissa on kuvattu syy-seuraussuhteita. Huomiolaitteesta on tarve tehdä laajempaa tutkimusta riskienarvioinnin

kautta alan eri asiantuntijoiden kanssa. Huomiolaite on toiminnaltaan uudenlainen, joten työtä riskien arvioinnin kanssa on hyvä jatkossa tehdä.

## 6 TUTKIMUSTEN TULOKSET

### 6.1 Tutkimuspäivien tarkoitus

Tarkoituksenani oli tutkia huomiolaitetta sekä tasoristeyksestä että veturin ohjaamosta käsin. Veturiyksikkö oli asennettuna dm12 moottorijunaan, joka liikennöi Tampere-Haapamäki -väliä. Tutkimuspäivät sijoittuvat kesäkuulle 2012. Tavoitteena oli löytää vastauksia siihen, vastaako huomiolaite käyttäjän tarpeita eli onko huomiolaitteen valon näkyvyys riittävä tasoristeyksen käyttäjälle. Huomiolaitteen huomiovalon on tarkoitus olla hyvin havainnollistettava ajoneuvosta käsin. Tutkimuspäivän aikana tuli esiin lisähavaintoja yleisestä liikennekäyttäytymisestä Tähtiniemi – tasoristeyksessä

Talviolosuhteissa kenttätutkimus ei ollut mahdollista, koska veturiyksikköä ei ollut vielä asennettu junan ohjaamoon. Talviajan tutkimuksia huomiolaitteen energian riittävydestä on Jet-Tekno Oy:n toimesta tehty. Kävin Jet-Tekno Oy:n huomiolaitteesta vastaavien henkilöiden kanssa 13.1.2012 testaamassa huomiolaitteen toimintaa siten, että veturiyksikkö oli mukana ajoneuvossa. Kyseisenä päivän pyrytti lunta, mutta näkyvyys oli suhteellisen hyvä ja kirkas. Pysäytettyämme ajoneuvon valo lopetti vilkuttamisen, joten valo toimi oikein. Lisäksi tavoitimme ajoneuvolla hälytyssilmukan, koska huomiovalo aloitti vilkuttamisen oikea-aikaisesti tietyn etäisyyden päästä.

### 6.2 Tutkimuspäivä 7.6.2012

Sää: pilvipouta

Näkemä: Tampereen suunnasta tultaessa hyvä, Haapamäen suunnasta hieman huonompi

Tutkimuspäivänä 7.6.2012 matkustin Dm12 4401 moottorijunan ohjaamossa Tampereelta Haapamäen kautta Keuruulle ja takaisin. Junavuoro lähti Tampereelta klo 10:05, joten oli valoisaa. Tarkoituksenani oli selvittää miten hyvin junan kuljettaja havaitsee huomiovalon. Junan kuljettaja ei ole ensisijaisessa vastuussa tasoristeyksen ylittäjien turvallisuudesta, mutta on hyvä tietää, miten huomiovalo näkyy veturiin tai ohjaamoon junan liikkuessa.

Keskeisin huomio oli, että junan kuljettaja havaitsee huomiovalon noin 300 metrin etäisyydeltä tasoristeyksestä. Etäisyys on arvio yhdessä junan kuljettajan kanssa. Näkemä ohjaamosta tasoristeykseen oli hyvä, koska rata Tähtiniemen tasoristeyksen ohitse kulkee pitkän matkaa suoraa linjaa. Lisäksi kiinnitin huomiota siihen, että junan nopeuden ollessa rataosalla



maksimissaan 100 km/h lähestyttäessä tasoristeystä, olisi reagointiaika suhteellisen lyhyt junan kuljettajan näkökulmasta, mikäli tasoristeystä olisi parhaillaan ylittämässä ihminen tai ajoneuvo.

### 6.3 Tutkimuspäivä 20.6.2012

Sää: pilvipouta

Tie: sorainen:

Näkemät: suhteellisen hyvät, parhaat vasta läheltä tasoristeystä molemmilta puolilta rataa

Tien leveys: vähintään 5m

Tutkimuspäivänä 20.6.2012 matkustin Orivedelle Tähtiniemen tasoristeyskseen seuraamaan huomiolaitteen toimintaa. Kyseisenä päivänä tasoristeyksen ohitse meni Dm12 dieselmoottorijuna 4401 aikataululla H423 klo 10:05 lähtö Tampereelta sekä H424 aikataululla klo 12:24 lähtö Haapamäeltä. Tutkimuspäivän tarkoituksena oli mitata huomiovalon vilkkumisaikaa sekä havainnoida valon havaittavuutta päivän valossa. Lisäksi tarkastelin yleistä Tähtiniemen tasoristeyksen ylittäjien liikennekäyttäytymistä ja haastattelin spontaanisti muutamaa ohikulkijaa.

Ensimmäisen junavuoron H423 ohittaessa tutkittavaa tasoristeystä, mittasin huomiovalon oranssin LED-valon hälytysajaksi minuutti 20 sekuntia. Havaintoni oli, että valon varoitusvilkutus toimi turhan pitkään junan jo ohitettua tasoristeyksen ja varoitti suhteellisen lyhyesti ennen junan saapumista tasoristeyskseen. Mikäli autoilija saapuu tasoristeyskseen tilanteessa, että juna on jo ohittanut tasoristeyksen ja huomiovalo vilkuttaa eikä juna tule, saattaa se herättää epäluottamusta huomiolaitteen toiminnassa.

Seuraavan junavuoron H424 ohitettua Tähtiniemen – tasoristeyksen mittasin huomiolaitteen varoitusvalon vilkkumisajaksi noin minuutti 30 sekuntia. Huomioni oli sama ensimmäiseen huomioon liittyen varoitusvalon pitkästä vilkuttamisesta junan jo ohitettua huomiovalolla varustetun tasoristeyksen.

### 6.4 Vilkun havaittavuus

Vilkkua tutkiessani huomasin, että oranssi vilkkuva LED-valo oli havaittavuudeltaan aika heikko. Sää oli pilvipoutainen ja suhteellisen kirkas. Valon vilkutuksen havaitsi selkeästi vasta läheltä tasoristeystä. Pimeään aikaan huomiovalon vilkutuksen havaitsee todennäköisesti helpommin.

Valon asettelussa oli Tähtiniemen prototyypin kohdalla parannettavaa. Kuvassa 8 ja 9 on esitetty näkymä huomiolaitteelle ajoneuvon sisältä. Ajoneuvo, josta kuva on otettu, oli henkilöauto. Kuten kuvasta voi havaita valo jää hieman huomiovalon tolpan taakse tiettyjen etäisyyksien päästä tasoristeystä. Valo tulisi asettaa lähemmäs tasoristeyksen ylittävää tietä ja selkeämmin ajoneuvosta käsin havaittavaksi siten, että valon voi havaita molemmilta puolilta tasoristeystä. Valo tulisi kääntää tolpan takaa tasoris-

teyksen ylittävälle tielle päin. Huomiovalon korkeutta suunnitellessa tulisi ottaa huomioon myös raskaita ajoneuvoja ajavien mahdollisuus havaita valo helposti ohjaamosta. Tässä tapauksessa huomiovalo on aika korkealla ja ei palvele näin riittävästi henkilöauton kuljettajien näkökenttää.

Vilkku on asennettu prototyypissä väärinpäin. Valon kuomu on nyt ylöspäin kun sen pitäisi olla alaspäin, jolloin ehkäistäisiin paremmin lumen keraantuminen kuomun päälle. Tällöin valon havaittavuus olisi parempi myös talvisin lumisateen aikaan.



Kuva 8. Huomiolaite ajoneuvosta kuvattuna (1)



Kuva 9. Huomiolaite ajoneuvosta kuvattuna (2)

## 6.5 Yleinen käyttäytyminen tasoristeyksessä

Tutkimuspäivän aikana Tähtiniemen tasoristeyksen ylitti useampi ajoneuvo. Suurimmaksi osaksi ylittäjinä toimivat kuorma-autojen kuljettajat, jotka kävivät radan toisella puolella sijaitsevalla jätevedenpuhdistamolla ja palasivat pian takaisin. Tähtiniemen tasoristeyksessä on pakollista pysähtymistä osoittavat liikennemerkit molemmiin puoliin rataa. Tätä pakollista pysähtymismerkkiä noudatettiin vaihtelevasti. Osa auton kuljettajista pysähtyi maltillisesti tarkastamaan vapaata ylitystä. Osa kuljettajista pysähtyi, samalla kuitenkin valuttaen autoa tasoristeyksen ylitse. Eräs skootterin kuljettaja ei pysähtynyt lainkaan.

Tähtiniemi – tasoristeyksen ylittäjät ovat todennäköisesti samoja henkilöitä päivittäin johtuen radan toisella puolella sijaitsevasta jätevedenpuhdistamosta ja asutuksesta. Mikäli tasoristeys on monelle vanha tuttu, saattaa se lisätä tässä tapauksessa välinpitämättömyyttä pysähtymisen tärkeyden suhteen tai sitä voidaan selittää mahdollisella kiireellä. Vielä on hankala arvioida, miten huomiolaitteen vilkutus saisi samat kuljettajat reagoimaan.

Haastattelin muutamaa ohikulkijaa tiedustellen, olivatko he nähneet huomiovaloa toiminnassa. Valitettavasti kukaan heistä ei ollut havainnut vilkutusta toiminnassa, joten ulkopuolisia näkemyksiä vilkun havaittavuudesta en saanut.

## 6.6 Tulokset

Huomiopäivänä 20.6.2012 tekemäni havainto huomiovalon turhan pitkstä vilkutuksesta saattoi johtua Jet-Tekno Oy:n mukaan siitä, että Tähtiniemi – tasoristeyksen jälkeen hyvin pian on Oriveden keskustan seisake. Junan hiljentaessa nopeuttan lähestyessään seisaketta huomiovalo vilkkuu normaalisti ja ainoastaan junan pysähtyessä seisakkeelle huomiovalo sammuu. Junan lähtiessä liikkeelle seisakkeelta huomiovalo syttyy uudelleen. (Luutonen & Pöyri, haastattelu 27.6.2012.) Tämä saattaa aiheuttaa epäluuloisuutta tasoristeysten käyttäjille, mikäli vilkutus on pitkään päällä ja juna ei kuitenkaan tule.

Vilkun havaittavuutta tulisi miettiä uudestaan. Vilkun kirkastaminen tai valon suurentaminen olisi yksi vaihtoehto, mikä tietysti lisäisi jonkin verran energian kulutusta. Huomiovalon on oltava havaittava, jotta tasoristeyksen käyttäjä näkee sen selkeästi eteenkin ajoneuvosta käsin ja riittävä etäältä.

Jet-Tekno Oy on suorittanut tutkimusta Tähtiniemen tasoristeyksessä 19.4.2012 huomiolaitteen toiminnasta. Junavuorolla H427 huomiovalo toimi normaalisti syttymisennakon ollessa 50 sekuntia. Valo sammui 45 sekuntia junan ohitettua tasoristeyksen. Junavuorolla H428 huomiovalo oli jälleen toiminut normaalisti syttymisennakon ollessa 45 sekuntia ja valo sammui 55 sekuntia junan ohitettua tasoristeyksen. Huomiovalo oli syttynyt muutaman välähdyksen ajaksi jo junan saapuessa Oriveden seisakkeelle ja sammui sen ajaksi, kun juna oli seisakkeella syttyi taas junan lähdettyä liikkeelle. Johtopäätöksenä Jet-Tekno Oy huomauttaa, että valo toimi oikein, mutta seisakkeen ollessa niin lähellä Tähtiniemen tasoristeystä varoitussyksikkö sytytti huomiovalon jo ennen kuin juna oli ohittanut seisaketta. Jet-Tekno Oy:n mukaan syttymisennakko täytyisi saada vastaamaan enemmän todellisuutta. Tähtiniemen kohteessa syttymisennakon laskentaan tuo haasteita se, että molemmissa suunnissa tasoristeystä katsoen on junan pysähdyspaikka lähellä huomiolaitteella varustettua tasoristeystä. Tässä tapauksessa tarkoitetaan Oriveden aseman ja Oriveden keskustan seisaketta. Juna nopeus ei ole tasainen lähestyttäessä tasoristeystä. (Luutonen, sähköposti 20.4.2012.)

## 7 KEHITYSEHDOTUKSET

Tämän kappaleen tarkoituksena on antaa ehdotuksia vartioimattoman tasoristeyksen langattoman huomiolaitteen toiminnan testaukseen tulevaisuuteen.

Vartioimattoman tasoristeyksen huomiolaitteesta on tehtävä kattava riskianalyysi. Liikenneviraston kanssa tulisi sopia asennukseen liittyvistä asioista ja muista yksityiskohdista tulevaisuudessa. Huomiolaite tulisi asentaa siten, että se ei haittaa tasoristeysnäkemää eikä aiheuta häiriötä tai vauriota radan rakenteille tai liikennöinnille.

Yleisesti huomiolaitteen havaittavuuden lisäämistä voisi ajatella lisäämällä laitteeseen heijastavia pintoja, jotka pimeällä auttaisivat autoilijoita huomioimaan huomiolaitteen olemassaoloa helpommin. Tieliikennelain 2. luvun 11. §:ssä mainitaan, että mikäli liikennemerkkiä ei valaista pimeän tai hämärän aikana, siinä on oltava erityinen heijastava pinta, jotta merkki olisi hämärän tai pimeän aikana riittävän kaukaa havaittavissa ja tunnistettavissa. Heijastavien pintojen lisääminen tuo lisäarvoa havaittavuudelle, vaikka huomiolaitteen huomiovalo vilkuttaakin valoa. Havaittavuuden lisääminen on tarpeen myös siksi, koska käytettävissä ei ole varoitusääntä eikä kahta eri vilkkua molemmilla puolilla rataa energiasyistä. Tulevaisuudessa huomiovalo tulisi asentaa huomiolaitteeseen siten, että sen näkee hyvin ajoneuvosta. Näkyvyyden jatkotarkastelussa tulisi huomioida tavallisten henkilöautojen lisäksi myös raskaat ajoneuvot.

Tiehallinnon (Liikennevirasto) Liikennevalojen suunnittelu LIVASU -julkaisussa on ohjeistettu väylän nopeusrajoitusten vaikutuksesta liikennevaloihin. Mitä korkeampi on väylän nopeusrajoitus, sitä korkealuokkaisempi on liikennevalojen fyysisten ja toiminnallisten ratkaisujen oltava. Näin tienkäyttäjän on mahdollisuus välittömästi omaksua turvallinen käyttäytymismalli ympäristötekijöiden perusteella. (Tiehallinto, 2006, 20). Huomiolaitteen valoa ja näkyvyyttä ajatellessa täytyy ottaa huomioon tasoristeyksiä ylittävien teiden yleisimmät nopeusrajoitukset ja siihen liittyen valon fyysinen ja toiminnallinen ratkaisu.

Vartioimattoman tasoristeyksen langattoman huomiolaitteen vikailmoituksista lähtevät GSM-viestit ovat ohjelmoitavissa haluttuihin numeroihin. Tässä tapauksessa ilmoitukset tulisi yhdistää sen alueen liikenteenohjaukseen, johon huomiolaite kuuluu. Ratateknisissä ohjeissa RATO 6 (kappale 2.8) on ohjeistus kriittisten vikojen ilmoittamisvelvollisuudesta liikenteenohjaukseen. Kriittisiä vikoja ovat kaikki vikatilanteet, jotka estävät valoa vilkuttamasta.

Vuoden 2010 alusta liikenteenohjauskeskuksia on Helsingissä, Tampereella, Kouvolassa, Pieksämäellä, Oulussa, Seinäjoella ja Joensuussa. Alueohjauskeskuksia on Helsingissä, Tampereella, Kouvolassa, Pieksämäellä ja Oulussa. Alueohjauskeskuksissa johdetaan oman alueen liikenteenohjausta sekä suunnitellaan liikennettä, valvontaa, tulevien tilanteiden ennakoimista, toteutumisen seuranta ja raportointia sekä häiriötilanteiden hoitamista. (Myyryläinen, 2010, 18.)

Energian riittävyttä tulisi simuloida siten, että varmistettaisiin energian riittävyys Jet-Tekno Oy:n laskelmien mukaiseen 70–80 junavuoron vuorokaudessa. Tutkimusta voidaan suorittaa siten, että huomiolaitetta kuormitetaan simuloimalla tilannetta ilman, että se on käytössä tasoristeyksessä hyödyntämällä veturiyksikön lähetintä käynnistäen tarvittavat testaushälytykset. Mahdolliset positiiviset tulokset lisääisivät huomiolaitteen luotettavuutta.

Huomiolaitteen toimintavarmuuden jatkotestaukselle tasoristeyksessä on vielä tarvetta. Huomiolaite tulisi sijoittaa testattavaksi vilkkaammin lii-

kennöityyn tasoristeykseen. Selvitystyön tuloksena ehdotan jatkotasesityksenä rataosalla Karjaa-Hyvinkää sijaitsevaa tasoristeystä. Veturinkuljettajien empiirisen tiedon perusteella rataosan, eniten läheltä piti -tilanteita, on ollut Metsäkorventien tasoristeyksessä. Tasoristeys on 121 km ja 321 m Helsingistä ja varustettu stop – sekä tasoristeysmerkeillä. Tien nopeusrajoitus on 40 km/h ja radan suurin nopeus 80 km/h. (Tasoristeys 2012b.)

Hyvinkää-Karjaa rataosuuden turvallisuutta on selvitetty muun muassa Liikenneviraston toimesta. Koulu- ja linja-autokuljetusten tasoristeysturvallisuus Hanko-Hyvinkää -radalla – tutkimuksessa on annettu toimenpidesuosituksia tasoristeysten turvallisuuden parantamiseen. Metsäkorventien tasoristeystä koski ehdotus koulukuljetusten siirtämisestä kyseiseltä tasoristeyksen ylittävältä tieltä. Metsäkorventie on yksi vilkkaimpia vartioimattomia tasoristeyskohtia Hyvinkää-Karjaa radalla tasoristeyksen ylittävien ajoneuvojen määrän ollessa noin 200 vuorokaudessa.

Vuosien 2005–2010 välillä Metsäkorventiellä tapahtui kaksi onnettomuutta. Tasoristeyksen ohi kulkee tavarajunia kahdeksan päivässä. Liikennöitsijöille teetetyn tutkimuksen mukaan Metsäkorventien tasoristeys on hankala tasoristeyksen ollessa mäen päällä ja etenkin talvisin se on koettu hankalaksi ja vaaralliseksi. Tutkimuksen mukaan Metsäkorven kautta on mennyt noin 60 oppilasta koulukuljetuksena päivittäin. (Laine, 2010, 3, 27, 28, 31, 32.)

Mikäli vartioimattoman tasoristeyksen huomiolaite tulisi saamaan jatkotutkimusten jälkeen riittävän luotettavan tason, saattaisi se mahdollistaa esimerkiksi tiettyjä koulukuljetuksia vaaralliseksi koetuissa tasoristeyskohtissa, mistä koulukuljetukset on mahdollisesti siirretty kulkemaan muualle. Etenkin koulukuljetuksia suorittavat liikennöitsijät olisivat Metsäkorventien tapauksessa erittäin hyvä tutkittava ryhmä selvitetessä huomiovalon turvallisuuden lisäämisarvoa.

Huomiolaitteen rinnastaminen on jokseenkin haasteellista. Huomiolaitteen on hyvä kuulua johonkin liikenteeseen liittyvään ryhmään. Ensimmäisen prototyypin kohdalla oranssi vilkkuva LED-valo voidaan rinnastaa tieliikenneasetuksen 30. §:ssä (1982/182) mainittuun vilkkuvaan keltaiseen valoon varoitusmerkin yhteydessä osoittaen, että kuljettajan on noudatettava erityistä varovaisuutta. Huomiolaitteen on tarkoitus saada tasoristeyksen ylittäjä pysähtymään, kun huomiovalo vilkuttaa.

Tieliikennelain 2. luvun 7. §:ssä veloitetaan ajoneuvon käyttäjää pysähtymään. Pykälässä todetaan, että jos juna lähestyy tai valo-opaste velvoittaa pysähtymään, erityinen ääniopaste kuuluu taikka puomi on alhaalla tai liikkuu, rautatietä ei saa lähteä ylittämään. Tähän lakiin tulisi lisätä huomiolaitteen tarkoitus viestiä huomiovalolla, että juna on tulossa, siitä halutaan varoittaa ja ajoneuvon pysäyttämistä halutaan velvoittaa.

Liikenne- ja viestintäministeriön asetuksen (555/1990) 5. luvun 29. §:ssä käsitellään liikennevaloja, jotka on tarkoitettu tieliikenteen ohjaamiseen rautatien tasoristeyksessä. Vartioimattoman tasoristeyksen langaton huo-

miolaite sopisi kyseiseen asetukseen säädettäväksi. Huomiolaitteen uusi prototyyppi sopisi tähän asetukseen, koska lätkämäinen huomiotaulu junan kuvalla tai stop – merkillä on suoraa ihmisten ohjaamista tieliikenteessä liikennemerkkein.

Huomiolaitteen sijoitus on otettava huomioon tulevilla suunnitelmissa. Ratateknisissä ohjeissa on käsitelty puomilaitoksen sekä valo- ja äänivaroituslaitoksen tieopastimen sijoitusta seuraavasti:

*Puomilaitoksen sekä valo- ja äänivaroituslaitoksen tieopastimet on pyrittävä sijoittamaan siten, että tieopastin on nähtävissä vähintään 10 s ajan lähestyttäessä tasoristeystä tie liikenteen suurimman sallitun nopeuden mukaisesti tasoristeyksen johtavilta ajoneuvoliikenteen suorilta kaistoilta. Puomilaitoksen sekä valo- ja äänivaroituslaitoksen tieopastimen suuntauksen on oltava sellainen, että tieopastin on nähtävissä vähintään 30 m matkalta kaikilta tasoristeykseen johtavilta ajoneuvoliikenteen kääntyviltä kaistoilta tai kevyen liikenteen väyliltä. (Liikennevirasto 2009, 155.)*

Edellä mainittuja ohjeita voidaan käyttää vartioimattoman tasoristeyksen huomiolaitteen sijoitusta suunniteltaessa. Mikäli huomiolaitteesta tehdään tieopastin tasoristeyksessä, tulisi sen vilkuttuksen olla riittävän näkyvällä paikalla sopivilta etäisyyksiltä ennen tasoristeystä.

Kustannusten ja kunnossapidon osalta huomiolaite tulisi olemaan kustannustehokas verrattuna tasoristeyksien varoituslaitoksiin. Edullisuus tukee Liikenne- ja viestintäministeriön älyliikennestrategiaa, jonka tavoitteena on kohdentaa resursseja liikenteen ja liikkumisen ohjaukseen edullisesti. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2012.) Kunnossapito ja kouluttaminen ei Jet-Tekno Oy:n mukaan tarvitse kovin erityisiä resursseja.

Vartioimattoman tasoristeyksen huomiolaitetta tulisi tarkastella liikenne- ja havaintopsykologisesta näkökulmasta. Olisi hyödyllistä selvittää, miten ihminen havaitsee huomiolaitteen valon vilkuttuksen. Psykologisen tutkimuksen kautta olisi helppo arvioida heijastavien materiaalien lisäämistä huomiolaitteen yhteyteen.

Liikenneturvallisuutta voidaan tutkia psykologian näkökulmasta, jolloin pyritään ymmärtämään ihmisten käyttäytymistä liikenteessä ja selvittämään, mitä periaatteita ja toimintatapoja ihminen noudattaa erilaisissa liikennetilanteissa ja miksi hän käyttäytyy siten kuin käyttäytyy. Turvallisen liikenneympäristön suunnittelemiselle ihmisen käyttäytymisen ymmärtäminen on erittäin tärkeä lähtökohta. Ihmistä ei ole tarkoitus sopeuttaa liikennejärjestelmään, vaan liikennejärjestelmä tulee suunnitella ihmisen kykyjen ja toimintatapojen mukaan. (Ahlroth & Pöllänen 2011, 71.)

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

(LIITE 3).



## LÄHTEET

- Alppivuori, K. 2012b. Keskustelu huomiolaitteesta. Trafi. 12.3.2012
- Alppivuori, K. 2012a. Keskustelu huomiolaitteesta. Trafi. 3.9.2012
- Anttila, T. 20.1.2012. Tiedustelua. Vastaanottaja Pajunen Elisa. [sähköpostiviesti]. Viitattu 9.8.2012.
- Ahlroth, J. & Pöllänen, A. 2011. Liikenneturvallisuus, opetusmoniste. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. Liikenteen tutkimuskeskus Verne. Viitattu 19.8.2012.  
<http://www.tut.fi/verne/wp-content/uploads/liikenneturvallisuus.pdf>
- Energiateollisuus. 2011. Sähkökatkot ja jakelun keskeytykset. Viitattu 20.8.2012.  
<http://www.energia.fi/sahkomarkkinat/sahkoverkko/sahkokatkot-ja-jakelun-keskeytykset>
- Euroopan Unioni 2012. Erilliset EU:n virastot ja erilliselimet. Euroopan rautatievirasto ERA. Viitattu 17.6.2012.  
[http://europa.eu/agencies/regulatory\\_agencies\\_bodies/policy\\_agencies/era/index\\_fi.htm](http://europa.eu/agencies/regulatory_agencies_bodies/policy_agencies/era/index_fi.htm)
- European Railway Agency 2012a. Fewer accidents on Eu railways in 2010. Viitattu 18.5.2012.  
<http://www.era.europa.eu/Document-Register/Documents/EU-Railway-Safety-Data-2010-16-11-2011.pdf>
- European Railway Agency 2012b. Level crossing safety in the EU. Viitattu 17.6.2012.  
[http://www.era.europa.eu/Document-Register/Documents/Level\\_crossing\\_safety\\_EU\\_2012.pdf](http://www.era.europa.eu/Document-Register/Documents/Level_crossing_safety_EU_2012.pdf)
- Hytönen, J. 17.2.2012 Tasoristeystilasto 31.12.2011. Liikennevirasto. Vastaanottaja Pajunen Elisa. [sähköpostiviesti]. Viitattu 17.2.2012
- Jet-Tekno Oy. 2012. Jet-Tekno combines liquid handling expertise with aviation know-how. Päivitetty 2.5.2011. Viitattu 20.8.2012.  
<http://www.jet-tekno.fi/>
- Laine, M. 2010. Koulu- ja linja-autokuljestusten turvallisuus Hanko-Hyväkää radalla. Liikenneviraston julkaisu. 2010. Kuopio: Kopijyvä.  
[http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts\\_2010-49\\_koulu\\_ja\\_linja-autokuljetusten\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2010-49_koulu_ja_linja-autokuljetusten_web.pdf)
- Liikenne- ja viestintäministeriö. 2011. Suomen säädöskokoelma. Julkaistu 28.1.2011. Viitattu 8.8.2012.  
<http://www.finlex.fi/data/sdliite/liite/5920.pdf>

Liikenne- ja viestintäministeriö. 2012. Kansallinen älyliikenne strategia. Viitattu 30.7.2012.

<http://www.lvm.fi/web/fi/liikenne/strategiat/strategia/-/view/1119101>

Liikenneturva. 2011. Uutispöytä, Kunnilla iso rolli liikenneturvallisuuden parantamisessa. Päivitetty 11.11.2009. Viitattu 10.8.2012.

[http://www.liikenneturva.fi/www/fi/toimipaikat/kouvola/kouvolan\\_tiedotteet.php?we\\_objectID=6031](http://www.liikenneturva.fi/www/fi/toimipaikat/kouvola/kouvolan_tiedotteet.php?we_objectID=6031)

Liikenteen turvallisuusvirasto 2012a. Tietoa Trafista. Viitattu 20.3.2012.

[http://www.trafi.fi/tietoa\\_trafista](http://www.trafi.fi/tietoa_trafista)

Liikenteen turvallisuusvirasto 2012b. Riskienhallinta. Viitattu 30.6.2012.

<http://www.trafi.fi/rautatiet/riskienhallinta>

Liikennevirasto. 2009. Ratatekniset määräykset ja ohjeet, RATO 6 turvalaitteet. Helsinki. Julkaistu 11.12.2009. Viitattu 18.6.2012.

[http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rato\\_6\\_muutos\\_edelliseen.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rato_6_muutos_edelliseen.pdf)

Liikennevirasto. 2011a. Ratojen runkoverkko. Julkaistu 15.6.2011. Viitattu 6.9.2012.

[http://portal.liikennevirasto.fi/portal/page/portal/f/liikenneverkko/rautatiet/Ratojen\\_runkoverkko\\_150611.pdf](http://portal.liikennevirasto.fi/portal/page/portal/f/liikenneverkko/rautatiet/Ratojen_runkoverkko_150611.pdf)

Liikennevirasto. 2011b. Ohje riskienhallinnan menetelmistä. Julkaistu 31.10.2011. Viitattu 10.8.2012.

[http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/rtjj\\_ohje\\_riskienhallinnan.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/rtjj_ohje_riskienhallinnan.pdf)

Liikennevirasto. 2012a. Tien suunnittelu tasoristeyksessä. Julkaistu 23.4.2012. Viitattu 11.8.2012

[http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo\\_2012-03\\_tien\\_suunnittelu\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2012-03_tien_suunnittelu_web.pdf)

Liikennevirasto. 2012b. Rautatiet. Päivitetty 27.6.2012. Viitattu 3.7.2012. Www-sivu.

<http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/liikenneverkko/rautatiet>

Luoma, J. & Poutanen, M. 2009. Vartioimattoman tasoristeyksen ylitys, autonkuljettajan käsitykset ja riskin kokeminen. VTT. Helsinki: Edita Prima Oy. Viitattu 20.8.2012.

<http://www.vtt.fi/files/projects/tl2025/vartylit.pdf>

Luutonen, M. 6.2.2012. Tiedustelu. Vastaanottaja Pajunen Elisa. [sähköpostiviesti]. Viitattu 6.2.2012.

Luutonen, M. 20.4.2012. Tasoristeyksen huomiolaite. Vastaanottajat Alppivuori Kari, Pajunen Elisa, Pöyri Tuomas, Jouko Sokka. [sähköpostiviesti] Viitattu 8.8.2012.

Luutonen M. 20.6.2012. Toimintavarmuuden tarkastelu 18.4.-20.6.2012. Word-tiedosto. Viitattu 20.6.2012.

Luutonen, M. 9.7.2012. Tiedustelu. Vastaanottaja Pajunen Elisa. [sähköpostiviesti]. Viitattu 9.7.2012.

Luutonen, M. 14.8.2012. Tiedustelua. Vastaanottaja Pajunen Elisa. [sähköpostiviesti] Viitattu 14.8.2012.

Luutonen, M. 12.9.2012. Lisäselvitys. Vastaanottaja Pajunen Elisa [sähköpostiviesti]. Viitattu 12.9.2012

Luutonen, M. 25.9.2012. Tasoristeysten huomiolaite. Vastaanottaja Pajunen Elisa [sähköpostiviesti]. Viitattu 5.10.2012

Luutonen, M. & Pöyri, T. 30.8.2012. Vartioimattoman tasoristeyksen huomiolaite. Jet-Tekno Oy:n henkilöstä. Jet-Tekno Oy. [sähköpostiviesti] viitattu 30.8.2012

Mikkonen, H. 2012. Tiedustelu. Liikennevirasto. Vastaanottaja Pajunen Elisa. [sähköpostiviesti] Viitattu 15.7.2012.

Mesimäki, M. 2012. Näkemät. Liikenteen turvallisuusvirasto. Vastaanottaja Pajunen Elisa [sähköposti] Viitattu 11.9.2012.

Mtv3. 2012. Sähkökatkos pimensi tasoristeyksen turvalaitteita. Julkaistu: 13.1.2012. Viitattu 20.8.2012.

<http://www.mtv3.fi/uutiset/kotimaa.shtml/sahkokatkos-pimensi-tasoristeysten-turvalaitteita---autoilijat-varokaa/2012/01/1476429>

Myyryläinen, T. 2010. Rautateiden liikenteenohjauksen kuormittavuuden mittaaminen ja mittariston kehittäminen. Espoo, Aalto-Yliopiston korkeakoulu. Diplomityö. Viitattu 20.8.2012.

<https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/3338/urn100351.pdf?sequence=1>

Onnettomuustutkintakeskus 2007. Turvallisuusselvitys tasoristeysonnettomuuksista, S1/2005 R. Helsinki: Multiprint Oy. Viitattu 19.8.2012.

<http://www.turvallisuustutkinta.fi/Satellite?blobtable=MungoBlobs&blobcol=urldata&SSURIapptype=BlobServer&SSURIcontainer=Default&SSURIssession=false&blobkey=id&blobheadervalue1=inline;%20filename=hx3veaad8.pdf&SSURIsscontext=Satellite%20Server&blobwhere=1330439894211&blobheadername1=Content-Disposition&ssbinary=true&blobheader=application/pdf>

Onnettomuuskeskus 2008. Turvallisuusselvitys tasoristeysonnettomuuksista Lyhennelmä, S1/2005 R. Helsinki: Multiprint Oy. Viitattu 26.8.2012.  
<http://www.turvallisuustutkinta.fi/Satellite?blobtable=MungoBlobs&blobcol=urldata&SSURIapptype=BlobServer&SSURIconainer=Default&SSURIsessi-on=false&blobkey=id&blobheadervalue1=inline;%20filename=lu7rwct.pdf&SSURIsscontext=Satellite%20Server&blobwhere=1330439889763&blobheadervalue1=Content-Disposition&ssbinary=true&blobheader=application/pdf>

Onnettomuustutkintakeskus 2012a. Teematutkinta vuonna 2011 tapahtuneista tasoristeysonnettomuuksista, S2/2011R. Vantaa: Multiprint Oy. Viitattu 15.8.2012.  
<http://www.turvallisuustutkinta.fi/Satellite?blobtable=MungoBlobs&blobcol=urldata&SSURIapptype=BlobServer&SSURIconainer=Default&SSURIsessi-on=false&blobkey=id&blobheadervalue1=inline;%20filename=Tutkintaselostus%20S2-2011R.pdf&SSURIsscontext=Satellite%20Server&blobwhere=1335338308402&blobheadervalue1=Content-Disposition&ssbinary=true&blobheader=application/pdf>

Onnettomuustutkintakeskus 2012b. Teematutkinta tasoristeysonnettomuuksista S1/2011R. Www-sivu. Viitattu 28.3.2012.  
<http://www.turvallisuustutkinta.fi/1290610147901>

Onnettomuustutkintakeskus 2012c. Teematutkinta tasoristeysonnettomuuksista, Tutkintaselostus, S1/2011R. Vantaa: Multiprint Oy. Viitattu 22.3.2012.  
[http://www.turvallisuustutkinta.fi/Satellite?blobtable=MungoBlobs&blobcol=urldata&SSURIapptype=BlobServer&SSURIconainer=Default&SSURIsessi-on=false&blobkey=id&blobheadervalue1=inline;%20filename=S1\\_11R\\_tuote\\_netiversio.pdf&SSURIsscontext=Satellite%20Server&blobwhere=1330439898852&blobheadervalue1=Content-Disposition&ssbinary=true&blobheader=application/pdf](http://www.turvallisuustutkinta.fi/Satellite?blobtable=MungoBlobs&blobcol=urldata&SSURIapptype=BlobServer&SSURIconainer=Default&SSURIsessi-on=false&blobkey=id&blobheadervalue1=inline;%20filename=S1_11R_tuote_netiversio.pdf&SSURIsscontext=Satellite%20Server&blobwhere=1330439898852&blobheadervalue1=Content-Disposition&ssbinary=true&blobheader=application/pdf)

Ramboll. 2012. Riskienhallinta ja turvallisuus. Avain ennakointiin, tehokkuuteen ja laatuun. Viitattu 10.8.2012. Pdf-tiedosto.  
[http://www.ramboll.fi/palvelut/infra\\_ja\\_liikenne/~media/D57E389FD2344334A55B4C](http://www.ramboll.fi/palvelut/infra_ja_liikenne/~media/D57E389FD2344334A55B4C)

Ratahallintokeskus. 2004. Ratatekniset määräykset ja ohjeet, RAMOn osa 9 tasoristeykset. Julkaistu 19.4.2004. Viitattu 23.4.2012 ja 18.6.2012.  
[http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rato\\_9\\_tasoristeykset.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rato_9_tasoristeykset.pdf)

Rautatievirasto. 2008. Liikennöinti ja ratatyö, määräys. RVI/1092/412/2009. Julkaistu 28.12.2009. Viitattu 8.8.2012.  
[http://www.finlex.fi/data/normit/35183-RVI\\_1092\\_412\\_209.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/35183-RVI_1092_412_209.pdf)

SFS verkkokauppa. 2012. Tuotetiedot: SFS-EN 12352. Liikenteen ohjauslaitteet. Varoitusvilkut. Viitattu 1.8.2012.

<http://sales.sfs.fi/sfs/servlets/ProductServlet;jsessionid=092d969ffd65259d6de0b0de2e8ddb6e8e0da93a373075284328be93ee58b6b9.e3eRchaTbxmRe3iNb3yKbx4Se0?action=productInfo&productID=146774>

Tasoristeys 2012a. Liikennevirasto. Tasoristeyshaku: Tähtiniemi. 9.8.2012.

<http://www.tasoristeys.fi/risteyshaku?crossingId=3045>

Tasoristeys 2012b. Liikennevirasto. Tasoristeyshaku: Metsäkorventie. Viitattu 9.8.2012.

<http://www.tasoristeys.fi/risteyshaku?crossingId=3444>

Tiehallinto. 2006. Liikennevalojen suunnittelu LIVASU. Helsinki: Edit Prima Oy. Viitattu 9.8.2012.

[http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100040-v-05liik\\_valoj\\_suunn\\_liva.pdf](http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100040-v-05liik_valoj_suunn_liva.pdf)

VTT. 2012. Riskianalyysit. Vika -ja vaikutusanalyysit. Viitattu 10.8.2012.

<http://virtual.vtt.fi/virtual/riskianalyysit/indexb078.html>

Haastattelut:

Luutonen, M. & Pöyri, T. Jet-Tekno Oy:n henkilöstöä. Jet-Tekno Oy. Haastattelu 13.1.2012.

Luutonen, M. & Pöyri, T. Jet-tekno Oy:n henkilöstöä. Jet-Tekno Oy. 27.6.2012 Haastattelu 27.6.2012.

Luutonen, M. 2012. Toimintavarmuuden tarkastelu 18.4.–20.6.2012. Jet-Tekno Oy. Tiedoston luovutus haastattelun yhteydessä. Word-tiedosto. Viitattu 27.6.2012.

Kuvat:

Jet-Tekno Oy 2012. Huomiolaitteen uusi prototyyppi. Luutonen, sähköpostiviesti 9.7.2012. Viitattu 9.7.2012.

Jet-Tekno Oy. Vartioimattoman rautatien tasoristeyksen huomiolaitteen prototyyppi, pohja kuva. Luutonen, sähköpostiviesti 6.2.2012. Viitattu 6.2.2012.

Liikennevirasto 2012. Varoitusmerkit 2. Viitattu 3.7.2012.

<http://alk.tiehallinto.fi/www2/liikennemerkki/varoitusmerkit2.htm>

LIITE 1 (poistettu)

LIITE 2 (poistettu)

LIITE 3 (poistettu)